

初探地震活动的时间分维特征

张勇利

(国家地震局兰州地震研究所)

一、方 法

关于分维数的基本概念及测定方法见文献〔1〕、〔2〕。本文应用标度变换法计算地震活动时间结构的分数维。

若将地震事件在时间轴上视为“点过程”，则地震在时间轴上的分布类似于康托尔不连续集合。令所取的起始时间为1个单位，取一系列愈来愈小的时间标度($\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{8}$ 、 \dots 、 ϵ)作为时间“尺子”，去量取有震时间段数 $N(\frac{1}{2})$ 、 $N(\frac{1}{4})$ 、 $N(\frac{1}{8})$ 、 \dots 、 $N(\epsilon)$ ，然后在双对数坐标系上画出 $LgN(\epsilon) - Lg(\frac{1}{\epsilon})$ 曲线，其直线部分的斜率就是分维数 D_1 ，可用最小二乘法求出。

选取资料时考虑的因子和方法如下：首先是时间精度问题。在一般情况下，地震报告给出的地震发震时刻的误差小于0.2秒，因此在划分地震事件的时间间隔大于几秒以上的情况下，把地震视为点过程是合理的。

在选取地区范围时应注意尽可能把相对密集区圈入，使边界附近的地震比较稀疏，这样即使边界扩大或缩小一些，对所求出的 D_1 值都影响不大。

为了保证所讨论的地震事件在时间轴上不致遗漏，所取震级下限必须满足该地区测震台网观测能力的要求。一般情况下，震级测定的误差达 ± 0.3 ，对 N 的影响可达25%。在实际工作中发现，如果 D_1 值存在， D_1 与 N 值的取舍无关，随意缩小震级下限(意味着 N 的增加) D_1 值仍彼此一致，见图1。

在求取 D_1 值时，应注意无标度区不能过小，至少达到一个数量级，其次还要满足统计学的要求，即显著性水平 $\alpha < 0.05$ 。

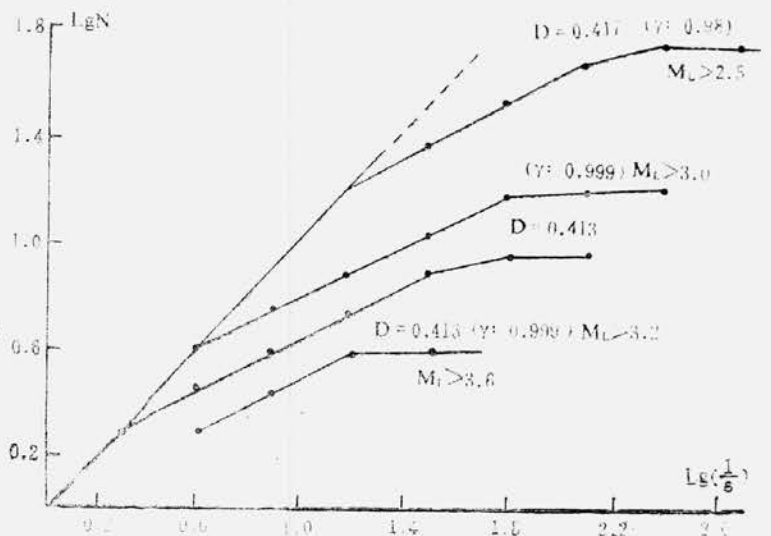


图1 门源6.4级强震前该地区($N37^{\circ}-38^{\circ}$, $E101^{\circ}30'-103^{\circ}00'$)的时间分维

二、地震活动的时间分维

1. 强震前地震活动时间分维

1986年8月26日青海门源6.4级地震前, D_t 值呈现趋势性减小, 到震前一年 $D_t = 0.42$ [8]。1986年9月23日巴音木仁6.3级地震和同年发生的松潘7.2级大震前的 D_t 值均显著降低, 下降到0.5以下。表1给出震前三年 D_t 值 (1973年以前区域测震台网尚不完善)。

表1 1986年松潘7.2级和巴音木仁6.3级强震前三年的 D_t 值

强震时间	震级	统计地区	起算震级	D_t 值		
				1973年	1974年	1975年
1976年8月16日 松潘	7.2	32°—33°20' N 103°20'—104°30' E	$M_s \geq 2.0$	0.97 ± 0.04 (0.99)	0.41 ± 0.03 (0.99)	0.45 ± 0.03 (0.97)
1976年7月23日 巴音木仁	6.3	39°—40°30' N 105°40'—106°50' E	$M_s \geq 1.0$	0.62 ± 0.03 (0.99)	0.50 ± 0.05 (0.99)	0.43 ± 0.08 (0.97)

2. 余震的时间分维

本文对资料较完整的5个7.0级以上大地震的余震集合的 D_t 值进行了计算。结果表明余震的分维数 D_t 为0.75~0.84, 如表2和图2所示。

表2 一些大震的余震的时间分维数

主震			余震时间分维数			
时间	地点	M	Δt (天)	N	D_t	r
1966年8月8日	邢台	7.2	14	503	0.78 ± 0.04	0.996
1975年2月4日	海城	7.3	3	772	0.78 ± 0.05	0.996
1976年5月29日	龙陵	7.6	2	129	0.84 ± 0.09	0.993
1976年7月28日	唐山	7.8	2	984	0.82 ± 0.06	0.994
1976年8月16日	松潘	7.2	6	296	0.78 ± 0.06	0.994

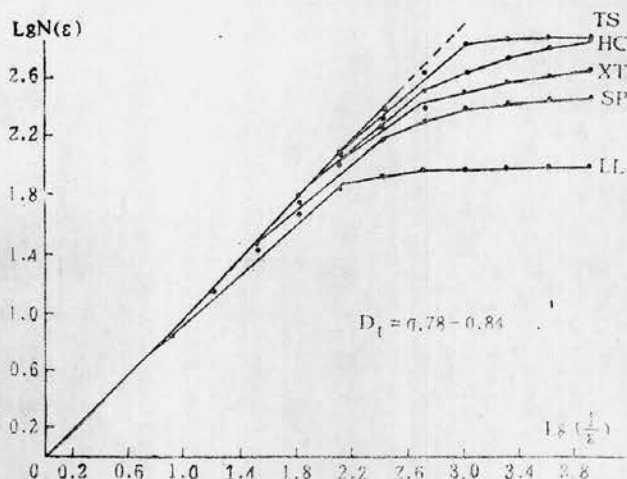


图2 余震的时间分维

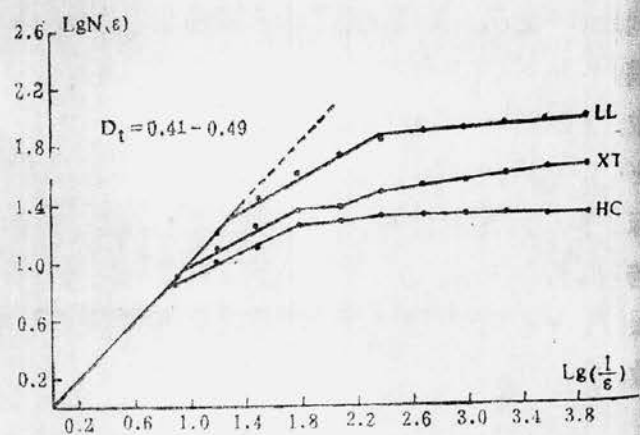


图3 前震的时间分维

3. 前震的时间分维

对于前震目前还没有严格的鉴别方法, 本文把发生在主震震源区且临近主震前数天至数

十天内发生的震群作为前震。计算得出邢台、海城、龙陵地震前的前震的时间分维 D_t 值为0.41~0.49, 见表3和图3。

表3 若干前震的分维数

时 间	地 点	N	D_t	r
1966年1月2日—8月8日	邢台	47	0.49 ± 0.03	0.995
1975年2月3日—2月4日	海城	36	0.41 ± 0.04	0.993
1975年10月5日—1976年5月29日	龙陵	431	0.49 ± 0.05	0.983

4. 震群的时间分维

对中国大陆的部分小震群的分维 D_t 值的计算结果表明, 震群的时间分维 D_t 值为0.63~0.69, 如图4和表4所示。

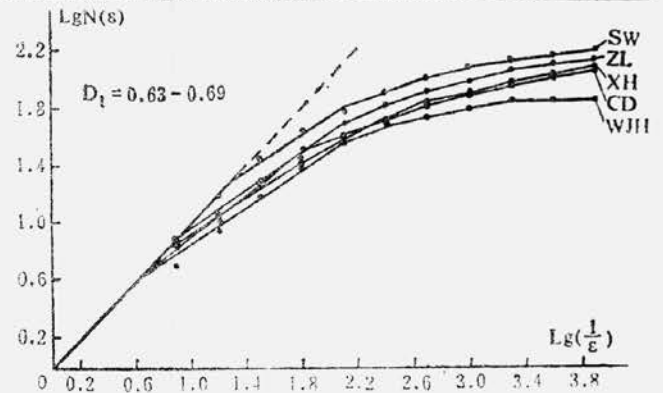


图4 震群的时间分维

表4 一些震群的时间分维

震 群			时 间 分 维		
时 间	地 点	M_{max}	N	D_t	r
1967.10.14—10.22	河北涿鹿	4.2	158	0.66 ± 0.01	0.999
1971.10.18—11.20	湖北谷城	4.0	321	0.67 ± 0.07	0.985
1972.1.9—2.29	武昌小洪山	2.2	173	0.63 ± 0.04	0.996
1974.12.21—1975.1.31	辽宁参窝	5.2	185	0.64 ± 0.07	0.990
1976.2.5—3.0	河南内乡	4.0	211	0.69 ± 0.07	0.987
1976.2.24—4.5	山东长岛	4.1	277	0.69 ± 0.03	0.997
1979.3.6—3.29	内蒙乌加河	1.2	73	0.67 ± 0.03	0.996
1987.10.28—11.1	青海玛沁	2.1	139	0.63 ± 0.05	0.990

三、时间分维 D_t 意义的初步讨论

1. 物理意义

在任何时间范围内, 若 $D_t = 1$ 则意味着地震活动的时间分布处处均匀, 或完全对称, 或没有结构。当 $D_t < 1$ 时, 则表明肯定存在“无震时间段”, 意味着地震活动的时间分布是有结构的, 即呈现不均匀或对称性破缺(有序性)。强震前 D_t 值呈趋势性减小的情况表明, 愈临近强震, 震源及其附近地区地震活动的时间结构愈不均匀或呈现有序性。前震的 D_t 小于余震的事实也反映了前震时间分布的有序性高于余震。

2. 预报意义

根据对前震、余震、震群和强震前分维 D_t 值结果的分析, 发现一个十分有趣的现象, 即同一层次地震活动尽管它们分布在不同地区、不同构造带上, 但其分维结果是非常接近的。不同层次的地震活动具有自相似性, 特别是强震前比较普遍存在降维现象, 这为我们预

报提供了一个新的方法, 因此, 不断地分析地震活动的D值, 有可能对即将发生的中强震作出较好的预测。

参 考 文 献

- [1] 洪时中等, 分数维及在地震科学中的应用前景, 四川地震, No. 1, 1987.
- [2] 郝柏林, 分形和分维, 科学杂志, No. 1, 1986.
- [3] 李海华等, 门源6.4级地震前小震活动的时间分维结构, 西北地震学报, Vol. 9, No. 4, 1987.

PRELIMINARY APPROACH ON TEMPORAL FRACTAL CHARACTERISTICS OF EARTHQUAKE ACTIVITIES

Zhang Yongli

(*Earthquake Research Institute of Lanzhon, SSB, Gansu, China*)