

极限时间法在广东河源、阳江地区地震预测的应用

刘巧娟, 刘特培

(广东省地震局, 广东 广州 510070)

摘要:采用极限时间法对广东省1970年至今发生在河源、阳江12次 $M_L \geq 4.7$ 强余震进行 h' 值计算分析, 结果表明该方法对两地强余震有较好的短期(短临)预测能力, 可作为两区地震预测参考依据之一。

关键词:强余震; 极限时间; h' 值; 地震预测; 河源市; 阳江市

中图分类号: P315.75 文献标识码: A 文章编号: 1000-0844(2007)02-0183-04

Application of the Limited Time Method on Earthquake Prediction in Heyuan and Yangjiang Areas of Guangdong Province

LIU Qiao-juan, LIU Te-pei

(Earthquake Administration of Guangdong Province, Guangzhou 510070, China)

Abstract: Using the method of limited time, the h' values for 12 strong aftershocks $M_L \geq 4.7$ occurred in Heyuan city and Yangjiang city of Guangdong province are calculated and analyzed. The results show that the method has good capability of short-term earthquake prediction for strong aftershocks, it provides a available way for the earthquake prediction in this two areas.

Key words: Strong aftershock; Limited time; h' value; Earthquake prediction; Heyang city; Yangjiang city

0 引言

1962年3月广东河源和1969年7月广东阳江分别发生了 M_s 6.1和6.4两次强烈地震, 此后两地区余震不断, 时至今日1级以上地震月频度通常不少于10次, 并不时发生中等强度的强余震。由于本区人口稠密、经济较发达, 一次中等地震就可能造成不小的损失, 如1997年广东三水 M_L 4.4地震和2005年9月阳江 M_s 4.9地震就分别损失了2千多万元。然而由多年的地震预测实践得知, 中等地震由于强度较小, 当前的各种前兆手段、方法, 包括近年提出的众多地震活动参数震前几乎都检测不到可靠的且可重复出现的异常, 探索简单适用的短临预测方法已成为很迫切的需要。刘正荣提出的极限时间法^[1]是一种简便、可操着性强的统计方法, 笔者试将其应用于上述2地区强余震发生的判定, 通过研究震前有一定关联的一组小震事件构成的序列的参

量 h' (极限时间法参数)值的异常变化过程, 分析 h' 值异常值出现的时间及其与发震的时间关系等, 为序列后续地震事件发生提供趋势判定依据。对1970年以来发生在上述2地区12次 $M_L \geq 4.7$ 强余震的检验, h' 值震前异常显著, 表明极限时间法有一定的预测实效, 可作为地震趋势判断的参考。

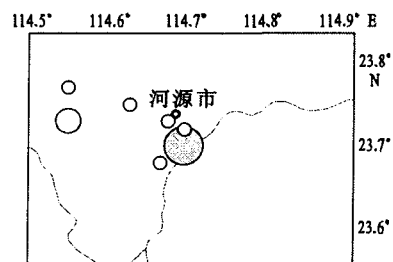


图1 河源 $M_{6.1}$ 主震(灰圈所示)及余震分布
Fig. 1 Epicenter distribution of Heyang $M_{6.1}$ earthquake and the aftershocks.

收稿日期: 2006-08-16

作者简介: 刘巧娟(1960—), 女(汉族), 助理工程师, 主要从事地震监测工作。

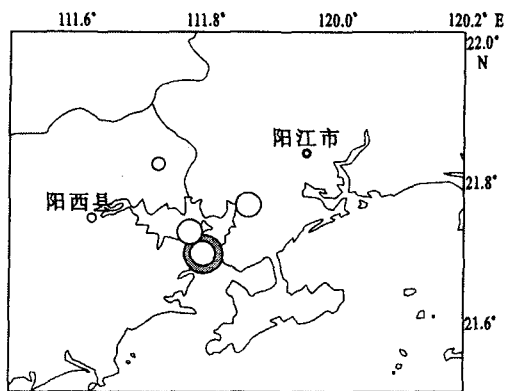


图2 阳江 M6.4 主震(灰圈所示)及余震分布

Fig. 2 Epicenter distribution of Yangjiang M6. 4 earthquake and the aftershocks.

1 极限时间法概述^[1-4]

刘正荣近年通过研究地震发生的时间,导出二个地震的时间差满足如下关系^[1]:

$$\Delta t_n = T \frac{1}{nh} \quad (n = 2, 3, 4, \dots) \quad (1)$$

式中 Δt_n 表示每两个地震的时间差; T 表示第 1、2 个地震的时间差, 即 $\Delta t_1 = T$, 通常 T 为某段时间序列中各地震间时间差最大值者; h' 为随地震前兆序列的不同而不同的常数。根据式(1)可知, h' 与 h 值物理意义是相反的, h' 研究的是两地震间的时间间隔, $h' \leq 1$ 时, 所研究的地震序列是收敛的; 当 $h' > 1$ 时, 式(1)构成的地震序列是发散的^[1]。

由式(1)进一步讨论可知, 如果序列的第 1 个地震发生时间已知, 并令 $h' = 1$, 则序列中各次地震的最大(极限)发生时间可知, 由此可预测地震的震发的极限时间, 即地震发生的最迟时间^[1]。大震前中小地震往往呈现平静—密集的异常活动图像。当 h' 值由 1 不断增大时, Δt_n 将越来越小, 亦即地震越发密集, 说明 h' 值可定量刻画不同阶段地震平静—密集的活动特点。总之 h' 值不仅继承了 h 值的优点, 同时也考虑了前震活动中平静—密集现象, 所以应该是一个较好的地震预测判据。

以上极限时间的理论和方法主要用于主震的预测, 对强余震的预测是否有效? 笔者试将该理论和方法应用于广东阳江、河源两地区强余震的预测, 计算分析 h' 值在强余震前的变化特征, 统计震前的定量异常量和异常时间及其与发震等的关系, 据此希望能为两区强余震预测提供判据。

由式(1)得

$$t_n - t_{n-1} = T \frac{1}{nh}$$

则

$$h' = \frac{\lg \frac{T}{t_n - t_{n-1}}}{\lg n} \quad (2)$$

式中 $t_n - t_{n-1}$ 、 n 和 T 依据地震目录求得。需要注意的是, 震前小震活动往往出现不止一次的平静—密集现象, 此时 T 当随不同的平静—密集时段而改变, 它总是那时段最大的值。

2 强余震前 h' 值异常

我们以 1970 年至今发生在河源、阳江两区 12 次 $M \geq 4.7$ 强余震为震例(1989 年 11 月 $M_L 4.9$ 、4.8 两次地震算 1 次), 研究极限时间法对其的预测能力等。资料采用广东省地震局目录。

根据文献^[1-4]及笔者的实际计算, 同一地震序列取不同起始震级阈值计算的 h' 值差异很大。根据广东地区 1970 年后地震的监测能力, 考虑到所研究的主要是中等强度地震, 经过多次试验, 笔者认为河源、阳江两地选 $M_L 2.0$ 作阈值是合适的。研究表明一次中等地震的异常时间通常以中短或短期为限, 鲜有超一年的, 所以计算 h' 值均选震前 1 年左右的资料, 对于 2~3 年前的资料也作 h' 值计算, 但异常均不明显。计算结果见图 3 和表 1。

由图 3 和表 1 可以看出: (1) 河源和阳江 12 次中等强度余震(在本区也可称强余震)前 h' 值均出现显著的高值异常, 异常幅度均大于 2.0, 最大峰值是 1987 年 2 月阳江 $M_L 5.1$ 地震前的 9.5; 最小是 1981 年 5 月河源 $M_L 4.8$ 地震前的 3.9。从图上还清楚地看出, 12 次地震假如以 h' 值 < 2.0 为地震活动正常背景, 而不是刘正荣等其他作者在西南和西北地区提出的小于 1.0, 似更合理, 即 h' 值异常的阈值提高了 1.0(下述讨论均以 h' 值 $= 2.0$ 为异常起始阈值), 这或许说明 h' 值也存在区域特征。(2) 12 次地震均发生在异常高峰期过后的下降过程或已经恢复正常(h' 值 < 2.0) 的时段。其中有 5 次, 约占 42% 是单一高峰异常过后发震的, 即属高值—正常—发震形态; 而其余 7 次约占 58% 是高峰期过后转为正常一段时间再次出现高值异常后发震的, 即高值—正常—高值—发震形态, 而且第 2 次高值异常后, 绝大多数 1 个月左右就发震, 仅少数 2~3 月后才发震的。(3) 异常的幅度与震级似有正比例关系, 但不严格, 例如 1987 年 2 月阳江 $M_L 5.1$ 地震前 h' 值高达 9.5, 但 2004 年 9 月阳江 $M_L 5.2$ 地震前 h' 值仅有 5.5 左右, 与 1976 年 5 月阳江 $M_L 4.7$ 地震相当; 异常的时间与震级也似呈正比关系, 但同样不

严格。就高峰异常开始与发震的时间统计关系看,所有地震均不超过 6 个月,最长是 5.1 个月,最短只有数天,绝大多数为 3 个月左右,特别是对双高峰异常形态,当第 2 次高峰值过后往往就是短期—短临

预警的开始。由于地震均在高值异常过后的恢复阶段或恢复正常后发生,未见在高峰值前或峰值上发震,所以我们仅统计峰值开始与发震时刻的相关数据,详细结果见表 1。

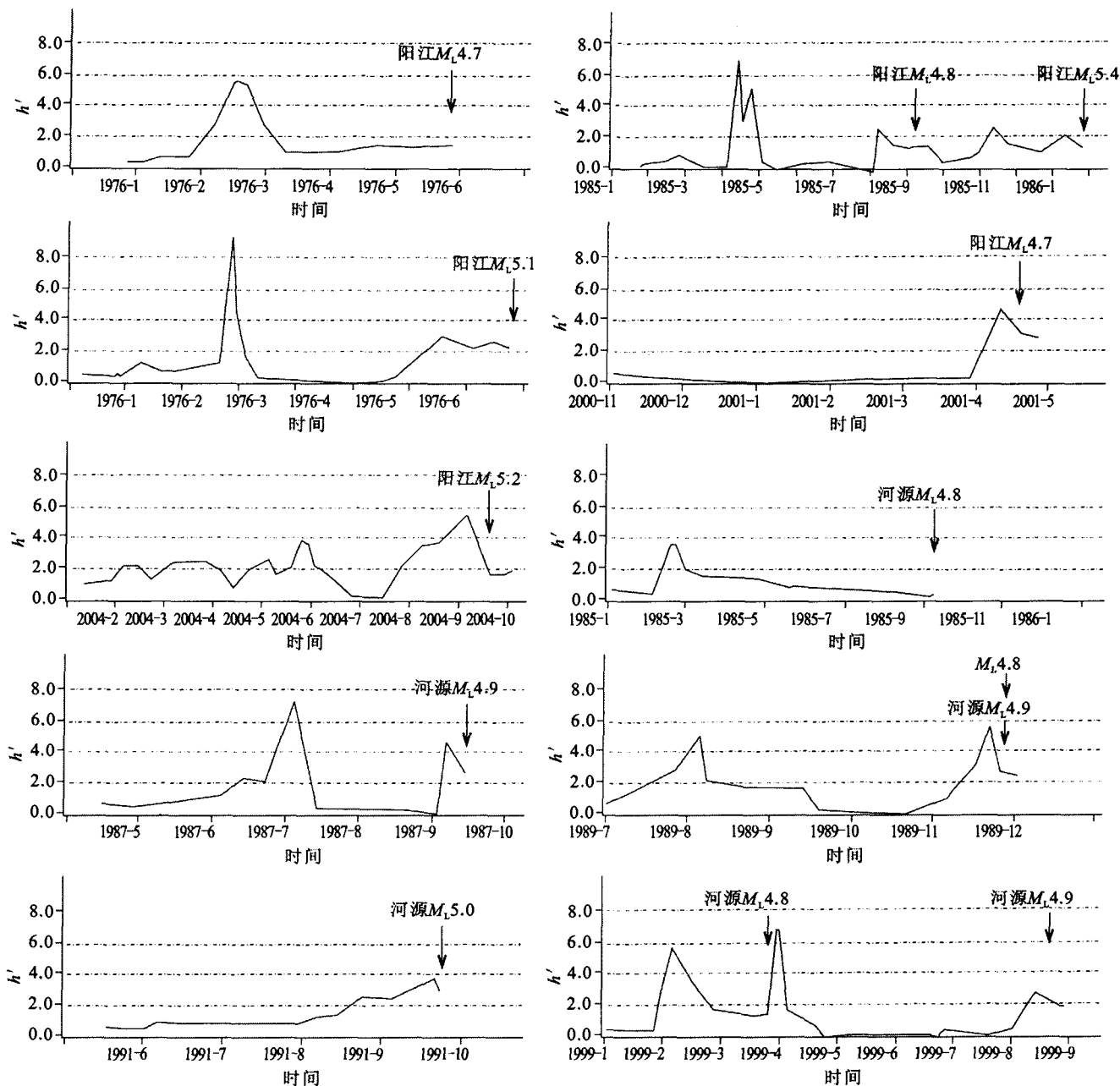


图 3 阳江、河源地区 12 次 $M_L \geq 4.7$ 余震前 h' 值时间进程曲线

Fig. 3 The time-process curve of the h' value for 12 ($M_L \geq 4.7$) strong aftershocks occurred in the Heyuan and Yangjiang areas.

3 极限时间法的应用

由上述分析计算知,极限时间法对上述两地区的强余震预测的检验是有效的,尤其对双高峰异常形态,可以明显地缩小预测时间(一般可作短期甚至

短临预测),因此从 2005 年 6 月的半年会商我们开始采用这一方法,实际结果 1 对 1 错,见图 4—5。

由图 4 可以看出,阳江地区从 2004 年底至 2005 年 6 月 h' 值基本处于正常态,仅在 2005 年 3 月上旬出现过单点异常, $h' = 2.5$,当时也有其它的

一些前兆手段显示异常,有人认为可能会有 4.7~4.9 级地震的可能,但经仔细分析 h' 值时间曲线结合其它地震参量,我们认为阳江的地震活动应算在正常范围,个别点的异常并不能改变整体的地震活动形势,坚持短期内发生近 5 级左右地震的可能性不大的意见,事实证明是正确的。但对河源的地震判断却是虚报,见图 5。河源 h' 值在 2004 年 11 月至 2005 年 6 月出现了典型的双峰值异常形态,加

之河源从 1999 年 8 月发生 M_L 4.9 地震后已经 5 年左右未发生大于 4 级以上地震,所以我们判断 2005 年下半年发生 5 级左右地震可能性较大,但事实证明结论不对。分析其原因很可能是:由于河源地震属水库诱发地震,地震的发生不仅受区域应力的影响,同时可能也受水位高低,甚至天文因素等的作用影响,自然小震的发生将呈比较复杂的变化。

表 1 12 次强余震前 h' 值异常统计

序号	地震时间 年 月 日	地区	震级/ M_L	第 1 峰值		第 2 峰值			
				峰值到发震时间/月	峰值时 h' 值	发震时 h' 值	峰值到发震时间/月	峰值时 h' 值	发震时 h' 值
01	1976-05-27	阳江	4.7	3.5	5.9	1.8	无		
02	1985-09-04	阳江	4.8	4.9	7.2	1.2	1.1	2.3	1.4
03	1986-01-08	阳江	5.4	2.5	2.3	1.2	无		
04	1987-02-25	阳江	5.1	5.1	9.5	2.1	1.5	2.9	2.1
05	2001-04-22	阳江	4.7	0.3	4.5	3.0	无		
06	2004-09-17	阳江	5.2	3.6	2.0	2.2	5.1	0.4	2.2
07	1981-05-04	河源	4.8	3.4	3.7	0.3	无		
08	1987-09-15	河源	4.9	2.3	7.4	2.8	0.3	4.8	2.8
09	1989-11-26	河源	4.9(4.8)	3.6	5.1	2.8	0.2	5.8	2.8
10	1991-09-21	河源	5.0	0.2	3.8	2.9	无		
11	1999-03-25	河源	4.7	1.5	7.7	1.3	无		
12	1999-08-20	河源	4.9	4.7	6.9	2.1	0.3	2.8	2.1

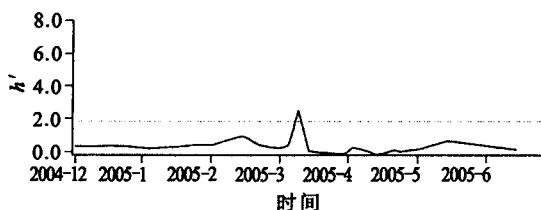


图 4 阳江 2004 年 12 月—2005 年 06 月 h' 值时间进程曲线

Fig. 4 The time-process curve of the h' value in Yangjiang area from Dec. 2004 to June 2005.

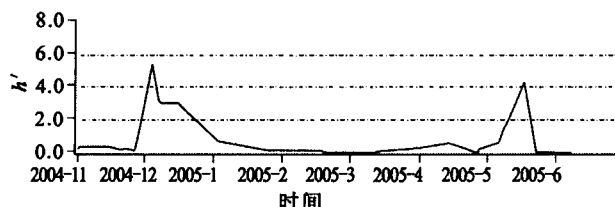


图 5 河源 2004 年 11 月—2005 年 06 月 h' 值时间进程曲线

Fig. 5 The time-process curve of the h' value in Heyang area from Nov. 2004 to June 2005.

4 结论与讨论

由上述分析我们得出几点看法:(1)极限时间法对广东阳江和河源晚期强余震(通常 M_L 5.0 左右)

的预测是有效的,所表现出来的特征与其他作者的结果基本一致。但需强调的是,对阳江和河源的异常判定阈值应该提高为 h' 值=2.0 更恰当,只有这样异常形态才更显著,并能缩短预测时间及减少误报,这也说明该方法存在区域特征。(2)上述地区的异常有双峰值和单峰值形态,因此当出现单峰值异常后就应该提出预测意见,特别是当有第 2 峰值出现后,则应适时作出短期—短临的预测。(3)需要强调的是该方法受研究资料起始震级大小影响较大,如何正确选择需认真对待。对类似河源水库这样的地震,小震资料的取舍更应慎重,如何避免或减少小震资料不受非构造应力因素影响同时又不失资料的完整性对预测效果更显重要。(4)与其它统计方法一样,极限时间法也不完全可靠,只有与其它方法、手段进行综合分析才能获得更满意的结果。

(下转 191 页)

分析,排除了仪器、环境、人员、气温的干扰,肯定了氡测值2005年11月—2006年4月的高值异常、2006年年动态畸变异常、2006年10月份突跳异常的存在,因此我们在11月完成的《2007年度闽台地震趋势研究报告》中做出台湾地区存在发生7级以上强震可能的结论。实际上2006年12月26日在台湾屏东海外发生了7.2级强震。

[参考文献]

- [1] 国家地震局地下水影响因素研究组.地震地下水动态及其影响因素分析[M].北京:地震出版社,1985.
- [2] 陆远忠,李胜乐,邓志辉,等.基于GIS的地震分析预报系统[M].四川:成都地图出版社,2002.

(上接186页)

我们知道,中等左右地震由于震级小,震前的各种异常非常微弱甚至没有,从某种意义上说对它的预测比强震或许更难,当前的各种预报方法和手段基本无效,而极限时间法是例外,虽然也存在预测错误,但由于计算简单,可操作性强,所需的资料时间较短,量化的异常值判定易于把握,且对主、余震均有一定的预测能力,特别是能显著缩短预测时间,当不失为一种较好的统计预测方法。

[参考文献]

- [1] 刘正荣.地震发生的极限时间[J].地震研究,2002,25(2):95-99.
- [2] 刘正荣.用极限时间法分析四川吉居地震[J].地震研究,2003,26(3):279-280.
- [3] 刘正荣.禄丰、武定、丽江诸地震的相互关系—兼论丽江地震的预报[J].地震研究,2003,26(1):26-35.
- [4] 刘正荣.极限时间法与临震预报[J].地震,2005,25(1):41-50.
- [5] 王琼,刘正荣.极限时间法分析2003年中强地震强 h' 值异常那个过程[J].内陆地震,2004,18(2):138-145.
- [6] 刘特培,秦乃岗,陈玉桃.阳江M4.9地震活动特征、影响场及应急对策[J].地震地磁观测与研究,2005,26(6):33-41.