

短文

应用磁暴月相二倍法对全球  $M_s \geq 7.5$   
大地震的预报效果分析

沈宗丕

(上海市地震局佘山地震台, 上海 201602)

徐道一

(国家地震局地质研究所, 北京 100029)

**摘要** 分析了应用磁暴月相二倍法计算的发震时间与 1991 年 12 月—1994 年 11 月间全球发生的  $M_s \geq 7.5$  大震的对应情况。在此期间共发生  $M_s \geq 7.5$  的大震 13 次 (其中包括一次强余震), 对应的大震有 8 次, 虚报 5 次, 漏报 5 次。

**关键词:** 预报效能评估 有震报准率 空报率 漏报率 磁暴月相二倍法

60 年代末, 张铁铮创造了“磁暴二倍法”<sup>[1]</sup>。70 年代, 沈宗丕应用磁暴偏角二倍位法对国内外大地震进行预报<sup>[2]</sup>。90 年代, 我们应用磁暴月相二倍法对一些 7.5 级以上大地震的发震时间进行了一些预报, 有较好对应, 同时亦存在着虚报和预报地区范围较大的问题。本文对该方法的预报效果进行了总结与分析。

1 磁暴月相二倍法<sup>[3]</sup>

月相是反映日、月、地三个天体相互位置变化的一个指标, 如朔、望表示地球位于太阳与月球的连线。在天文学中, 月相与月球和太阳之间的黄经差有对应关系, 当黄经差为  $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$  和  $270^\circ$  时, 月相的位置为朔、上弦、望和下弦。农历的每月初一必定是朔, 至于严格定义的望则可能为十五到十七这三天中的一天, 以十五、十六这两天为多。严格定义的上弦、下弦时间亦相应地在 2—3 天内波动。在日常应用中把农历望、上弦、下弦中每个用 2—3 天的时间段来表示是可行的。因此, 我们把农历每月廿、廿一、廿二作为下弦, 每月初七、初八为上弦。

70 年代时发现发生在朔附近的磁暴与大地震的发震时间有较好的对应。进入 90 年代时发现发生在下弦的起倍磁暴和发生在下弦和上弦 (以下弦为主) 的被倍磁暴与大地震的发震时间有较好的对应。

由此, 月相就成为选择所用磁暴预报地震的一个主要依据, 故命名为“磁暴月相二倍法”。磁暴月相二倍法区分两种性质的磁暴: 起倍磁暴 ( $MS_1$ ) 和被倍磁暴 ( $MS_2$ )。预测地震时间的计算是求出起倍磁暴与被倍磁暴的时间间隔 ( $D$ ), 即  $D = MS_2 - MS_1$ , 以天为单位。在被倍磁暴的日期上加上  $D$  值, 即为预测发震时间 ( $TC$ ), 即  $TC = MS_2 + D$ 。误差一般为  $\pm 3$  天或  $\pm 6$  天。

磁暴主要是依据佘山磁台量算确定的, 并参考国家地震局地球物理研究所编印的《磁暴报告》。从 1991 年 8 月至 1993 年 4 月底发生在上弦、下弦期间的磁暴共 11 个。磁暴日期指磁暴主相的日期。

2 计算发震时间与地震实况

研究和预报实践表明, 以 1991 年 8 月 30 日  $K=7$  的磁暴和 1991 年 10 月 28 日  $K=9$  的两个磁暴 (都是农历廿二日) 作为起倍磁暴, 有较好的预测功能。被倍磁暴选用在下弦时间, 有时亦选用上弦时间或其它月相日期。为了对预报效果进行分析, 我们仅选取发生在下弦和上弦日期的磁暴。

在研究范围内共有下弦磁暴 7 个, 上弦磁暴 4 个, 起倍磁暴仅两个, 用其与部分下弦被倍磁暴计算的发震

时间及所对应的地震见表 1 和表 3 1991 年 8 月 30 日磁暴与上弦被倍磁暴与地震的对应结果见表 2

表 1 起倍磁暴 (1991 年 8 月 30 日,  $K=7$ ) 与下弦被倍磁暴和 7.5 级以上大震对应情况

被 倍 磁 暴				计 算 发 震 日 期	实 际 发 生 地 震		震 级 ( $M_s$ )	误 差	
日 期		$K$	相 隔 天 数		发 震 日 期	发 震 日 期			震 中 位 置
公 历	农 历								
1991 年 10 月 28 日	九月廿一	9	59	1991 年 12 月 26 日	1991 年 12 月 27 日	南桑德韦奇岛	7.5	+ 1 天	
1992 年 2 月 25 日	一月廿二	6	179	1992 年 8 月 22 日	1992 年 8 月 19 日	吉尔吉斯斯坦	7.7	- 3 天	
1992 年 5 月 22 日	四月廿	6	266	1993 年 2 月 12 日	1993 年 2 月 7 日	日本本州以西	6.9	- 5 天	
1992 年 8 月 20 日	七月廿二	6	356	1993 年 8 月 11 日	1993 年 8 月 8 日	马里亚纳群岛	7.6	- 3 天	
1992 年 9 月 17 日	八月廿一	6	384	1993 年 10 月 6 日	1993 年 10 月 2 日	中国新疆若羌	6.6	- 4 天	

表 2 起倍磁暴 (1991 年 8 月 30 日,  $K=7$ ) 与上弦被倍磁暴和 7.5 级以上大震对应情况

被 倍 磁 暴				计 算 发 震 日 期	实 际 发 生 地 震		震 级 ( $M_s$ )	误 差	
日 期		$K$	相 隔 天 数		发 震 日 期	发 震 日 期			震 中 位 置
公 历	农 历								
1992 年 5 月 10 日	四月初八	8	254	1993 年 1 月 19 日	1993 年 1 月 15 日	日本北海道	7.2	- 4 天	
1992 年 8 月 5 日	七月初七	6	341	1993 年 7 月 12 日	1993 年 7 月 12 日	日本北海道	7.8	0	
1992 年 9 月 3 日	八月初七	5	370	1993 年 9 月 8 日	1993 年 9 月 11 日	墨西哥恰帕斯	7.6	+ 3 天	
1993 年 2 月 28 日	二月初八	6	548	1994 年 8 月 30 日	1994 年 9 月 1 日	美国西部海中	7.0	+ 2 天	

\* 日本国内定此地震为 7.8 级

表 3 起倍磁暴 (1991 年 10 月 28 日,  $K=9$ ) 与下弦被倍磁暴和 7.5 级以上大震对应情况

被 倍 磁 暴				计 算 发 震 日 期	实 际 发 生 地 震		震 级 ( $M_s$ )	误 差	
日 期		$K$	相 隔 天 数		发 震 日 期	发 震 日 期			震 中 位 置
公 历	农 历								
1992 年 2 月 25 日	一月廿二	6	120	1992 年 6 月 24 日	1992 年 6 月 28 日	美国加州南部	8.0	+ 4 天	
1992 年 5 月 22 日	四月廿	6	207	1992 年 12 月 15 日	1992 年 12 月 12 日	印度尼西亚	7.7	- 3 天	
1992 年 8 月 20 日	七月廿二	6	297	1993 年 6 月 13 日	1993 年 6 月 8 日	堪察加半岛	7.3	- 5 天	
1992 年 9 月 17 日	八月廿一	6	325	1993 年 8 月 8 日	1993 年 8 月 8 日	马里亚纳群岛	7.6	0	
1993 年 4 月 13 日	三月廿二	6	533	1994 年 9 月 28 日	1994 年 10 月 4 日	日本北海道	7.9	+ 6 天	

在仅用下弦磁暴情况下,以 1991 年 10 月 28 日发生的磁暴作起倍磁暴效果最好,预测 5 次,其中对应 3 次 7.7 级以上大震和 1 次 7.5 级以上强震(表 3),这一磁暴的  $K=9$ ,亦是所用磁暴中最大的 1 个。1994 年 10 月 4 日日本北海道 7.9 级大震发生前就是用它来作出较好预报的<sup>[4]</sup>,今后在大震预测中仍将起到重要作用。以 1991 年 8 月 30 日发生的磁暴作起倍磁暴,则预测次亦对应 3 次(表 1),与上弦被倍磁暴一起预测 4 次,对应 2 次(表 2)。

1991 年 12 月 1 日—1994 年 11 月 30 日全球 7.5 级以上大地震取自《中国地震台网临时报告》,共计 13 次,其中分布在西太平洋和亚洲的有 6 次,在日本发生的有 3 次。

在 13 次地震中,实际与预报结果对应的有 8 次,有一次地震是重复对应的,其中 5 次都发生在西太平洋沿岸一带,仅有 2 次发生在东太平洋沿岸。还有 5 次大震没有对应,其中 4 次发生在东太平洋沿岸,一次在西太平洋沿岸。可能由于磁暴是依据中国地磁台的记录所测定的缘故,所以主要反映西太平洋一带的大地震。能对应到东太平洋沿岸的美国加州地震可能与 8 级特大地震有关。如在西太平洋地区发生的 6 次 7.5 级以上的地震中,只漏报了 1 次,即 1994 年 10 月 9 日日本北海道 7.6 级强余震。实际上发生的主震均全部被对应。

### 3 预报效果与评价

从 1991 年 12 月 1 日—1994 年 11 月 30 日, 共计 1091 天, 其间发生 7.5 级以上大震 13 次, 其中 8 次与预报结果相对应, 虚报 5 次, 漏报 5 次。计算发震时间与实际发震时间最大误差为 6 天, 以  $\pm 6$  天为预测误差, 共预测 14 次, 其中有一次是重合, 则按 13 次计算, 预测时间为  $13 \times 13 = 169$  天, 占 1091 天的 15.5%。

根据徐世浙<sup>[5]</sup>提出评价地震预报效果的方法, 公式为

$$T = \frac{p_1 \cdot p_2}{q_1 \cdot q_2} \quad T \geq 1 \text{ 为有效}$$

式中  $q_1$  (实际虚报率) =  $k_1 / m_1$ , 其中  $k_1$  为作预报而无地震发生的预报次数,  $m_1$  为总预报次数;  $q_2$  (实际漏报率) =  $k_2 / n_2$ , 其中  $k_2$  为没有进行预报的地震次数,  $n_2$  为地震总次数;  $p_1$  (随机虚报率) =  $e^{-L/t_1}$ , 即每  $t_1$  天中有一次预报;  $p_2$  (随机漏报率) =  $e^{-L/t_2}$ , 即每  $t_2$  天中有一次地震。

依据上节所述, 可得:

$$\begin{aligned} q_1 &= k_1 / m_1 = 0.38 & q_2 &= k_2 / n_2 = 0.38 \\ p_1 &= e^{-L/t_1} = 0.856 & p_2 &= e^{-L/t_2} = 0.856 \end{aligned}$$

代入计算公式, 得  $T = 2.26$

显然,  $T > 1$ , 实际预报效果比随机预报好, 所以用磁暴月相二倍法预报全球 7.5 级以上大震是有效的。

### 参考文献

- 1 徐道一, 郑文振, 安振声, 孙惠文. 天体运动与地震预报. 北京: 地震出版社, 1980.
- 2 沈宗丕, 谈谈磁偏角二倍法. 地震战线, 1977(3): 30-32.
- 3 徐道一, 王湘南, 沈宗丕. 磁暴与大地震跨越式关系探讨. 地震地质, 1994, 16(1): 21-25.
- 4 徐道一, 王湘南, 沈宗丕. 1994 年 9 月底 10 月初  $M \geq 7.5$  大地震的预报依据. 地震危险性预测研究 (1995 年度), 北京: 地震出版社, 1994. 187-191.
- 5 徐世浙. 评价地震预报效果的一种方法. 地震, 1982, (5): 14.

## EFFICIENCY OF THE SO-CALLED TWO-TIME METHOD OF MAGNETIC STORM RELATED TO LUNAR PHASE FOR PREDICTION OF LARGE EARTHQUAKE ( $M \geq 7.5$ )

Shen Zongpi

(Sheshan Seismological Station, Shanghai Seismological Bureau, Shanghai, 201602)

Xu Daoyi

(Institute of Geology, SSB, Beijing 100029)

### Abstract

Analyses corresponding relation between origin time calculated by the two-time method of magnetic storm related to lunar phase and  $M \geq 7.5$  earthquakes from Dec. 1991 to Nov. 1994 in the whole world. During this time, 13  $M \geq 7.5$  earthquakes (including a strong after-shock) occurred. Origin time predicted corresponds with 8 earthquakes, 5 earthquakes do not be predicted, 5 predictions are failure.

**Key words** Evaluation of prediction ability, Ratio of successful prediction, False prediction ratio, Failure prediction ratio. Two-time method of magnetic storm related to lunar phase