

对辽宁省岫岩地区 2 次 5 级以上地震的短临预报及思考

陈荣华

(中国地震局分析预报中心, 北京 100036)

摘要: 详细记述了对辽宁省岫岩地区 1999 年 11 月 29 日 $M_S5.4$ 地震和 2000 年 1 月 12 日 $M_S5.1$ 地震的短临预测过程及其依据. 预测意见和地震实况对比表明: 显著地震地方平太阴时分布特点是地震短临预报的一个较好的指标; 一次较大地震发生后, 其震后趋势的判定往往也是十分复杂的, 需发挥综合分析的作用. 某地区历史上的地震类型只能作为参考, 一次地震的震型主要应根据该次地震本身的特点来判定. 在对地震发生后趋势判定有较大分歧和较多疑点的情况下, 不应过早地宣布这次地震已进入晚期的衰减阶段.

主题词: 临震预报; 地震类型; 辽宁; 地方平太阴时

中图分类号: P315.75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2000)04-0382-04

0 前言

1999 年 11 月 29 日辽宁省岫岩地区发生了一次 $M_S5.4$ 地震, 2000 年 1 月 12 日岫岩地区又发生了一次 $M_S5.1$ 地震. 这 2 次地震, 笔者在震前均作出了较好的短临预报. 本文介绍了对这 2 次地震的预测过程及其依据, 并提出了其中一些值得思考的问题.

1 对 1999 年 11 月 29 日 $M_S5.4$ 地震的短临预报

1999 年 11 月 9 日在辽宁省岫岩地区发生了 $M_L4.0$ 和 $M_L4.2$ 地震, 11 月 25 日又发生了 $M_L4.0$ 和 $M_L4.2$ 地震, 11 月 26 日再发生 $M_L4.4$ 地震, 岫岩地区强烈有感. 鉴于这种情况, 中国地震局分析预报中心于 1999 年 11 月 27 日 6 时召开了部分人员的紧急会商会. 在紧急会商会上, 笔者根据岫岩地区这几次 4 级地震的地方平太阴时夹角较小以及该地区 11 月 19 日以来小震震级上升和时间间隔缩短(图 1)这几条判据, 指出岫岩及其附近地区近期存在发生较强地震的危险性. 由于这些指标的组合是对应 $M_S \geq 5.5$ 地震的, 因此, 笔者在会商会上提出的较强地震是指 5.5 级以上地震. 在会上笔者还指出, 如果 11 月 26 日 4.4 级地震以后出现平静现象或者连续发生几个稍小一点的地震, 则较强地震就会很快发生. 在岫岩地区从 11 月 27 日下午到 29 日凌晨连续发生了几次 $M_L3.0$ 地震, 且从 11 月 27 日 18 时到 28 日 8 时出现了差不多 13 h 的 $M_L \geq 1.0$ 地震的异常平静, 结果在 11 月 29 日中午发生了 $M_S5.4$ 地震.

收稿日期: 2000-06-16

作者简介: 陈荣华(1945—), 男(汉族), 上海市人, 研究员, 主要从事地震活动性和地震预报等研究工作.

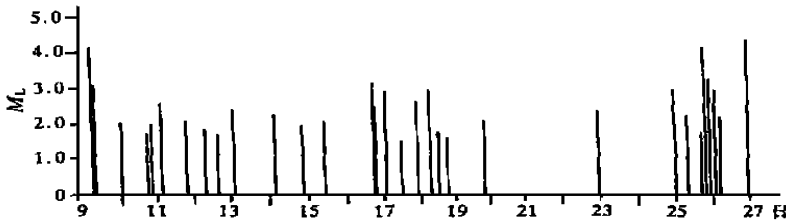


图 1 1999 年 11 月 9 日至 11 月 26 日 辽宁岫岩地震序列

Fig. 1 The Xiuyan earthquakes sequence in Liaoning province
from the Nov. 9 to 26, 1999.

2 5.4 级地震预测依据的讨论

地震孕育过程是震源区及其附近地壳应变能的积累过程.当地震孕育到后期,应变能高度积累时,应变能可能会有一个加速释放过程.地震发生时间间隔的缩短和地震震级的上升是应变能加速释放的表现.目前大多数地震学家都认为,当地震孕育到后期,地震即将发生时,震源区及其附近的地壳应变能处于一种临界状态.临界状态的最重要特点是此时外界触发因素将起重要作用.固体潮是一种重要的触发因素,固体潮主要是由月亮引起的.大地震前较大地震地方平太阴时夹角较小,说明这些较大地震的发生一再地与月亮在一天中所处的某一方位附近有关.这种现象可能说明此时震源区的应变能释放与外界触发因素有关,震源区已处于临界状态,大地震很快会发生.笔者应用这些指标曾较好地预报了 1997 年 4 月新疆伽师 6 级强震群和 1998 年 3 月 19 日新疆阿图什 6.0 级地震^[1,2].

3 对 2000 年 1 月 12 日 $M_s5.1$ 地震的短临预报

岫岩 5.4 级地震发生后,笔者认为该次地震震级还小一点,因此在 1999 年 11 月 29 日当天填写了短临预报卡片,认为今后 20 d 内在该地区还会发生 $6.0 \leq M_s \leq 6.4$ 的地震.在其后一段时间内,笔者对该地区的地震活动性继续作了大量工作,从以下 5 个方面对这次 5.4 级地震进行了分析:

(1) 11 月 29 日 $M_s5.4$ 地震的地方平太阴时与前面几次 $M_L4.0$ 地震的地方平太阴时夹角仍然较小,且根据以往经验, $M_L \geq 4.0$ 的显著地震大多数对应后面 6 级左右的主震.

(2) 由图 2 可以看出,从 1983 年起,在 1975 年海城 7.3 级地震的余震区之外的东南一侧形成了一个 $M_L \geq 2.4$ 地震的空区,该空区的大小可以容纳一个 6 级左右的地震.1999 年 11 月 29 日 5.4 级地震发生在这一空区的西北角,而且 5.4 级地震的余震仍局限在这一空区的西北部,空区的东南部分仍然平静,5.4 级地震似乎还不能对应这一空区的大小.

(3) 1975 年 2 月 4 日辽宁海城发生 $M_s7.3$ 地震后,经过 3 a 多时间,在海城老震区于 1978 年 5 月 18 日又发生了 $M_s5.9$ 地震,1978 年之后,经过 21 a 多时间在老震区之外于 1999 年 11 月 29 日发生 $M_s5.4$ 地震,5.4 级地震的发生似乎不能与该地区 21 a 地震能量的积累相匹配.

(4) 根据地震现场工作大纲^[3],用 b 值截距法计算 11 月 29 日 5.4 级地震后的最大余震震级可达 $M_L6.0$,比主震还大,即岫岩地震序列还应发生一个 $M_s5.7$ 左右的地震.

(5) 1999 年 11 月 29 日岫岩 $M_s5.4$ 地震后第一天里共发生 $M_L \geq 5.0$ 余震 2 次, $4.0 \leq M_L < 5.0$ 余震 2 次, $3.0 \leq M_L < 4.0$ 余震 21 次,且 $M_L \geq 1.7$ 的地震次数达 202 个,即余震

强度和频度均很高;而 1978 年 5 月 18 日海城 $M_S5.9$ 地震,虽然震级比岫岩 5.4 级地震还大半级,但其震后第一天里却只发生 $M_L > 4.0$ 余震 1 次, $3.0 \leq M_L < 4.0$ 余震 7 次, $M_L \geq 1.7$ 的地震次数也不多,即其余震强度和频度均很低.11 月 29 日岫岩 5.4 级地震和 1978 年 5 月 18 日海城 5.9 级地震衰减都很快.根据以往的工作^[4],地震序列衰减快分 2 种情况:第一种情况,震后第一天余震强度不大,频度也低,以后衰减快,这是正常的,此种地震序列多属于主余震型或孤立型序列;如果第一天余震是高强度高频度的情况,以后衰减快,这种地震序列常常为震群型序列,后面可能还有与前面最大地震相当甚至更大的地震.

综合上面 5 个方面的分析,笔者认为,虽然 1999 年 11 月 29 日辽宁岫岩地区发生了 5.4 级地震,但岫岩及其附近地区仍存在着发生 5.5~6.0 级或 6 级左右地震的危险性,为时可能不会太久.

上述几点看法在中国地震局分析预报中心的会商会上均陆续提出过,而且在 1999 年 12 月 21 日整理成文,题为“1999 年 11 月 29 日辽宁岫岩 5.4 级地震的预报及今后该地区地震趋势的估计”,并在 2000 年 1 月 12 日 5.1 级地震前把此文交给了有关部门.众所周知,2000 年 1 月 12 日岫岩地区的确又发生了 $M_S5.1$ 地震.

4 对辽宁省岫岩地区 2 次 5 级以上地震短临预报的一些思考

(1) 笔者应用显著地震地方平太阴时分布特点作为地震短临预报的一个指标,结合其它指标较好地预报了 1997 年新疆伽师 6 级以上强震群、1998 年新疆阿图什 6.0 级地震和 1999 年及 2000 年辽宁岫岩地区的 2 次 5 级以上地震,说明显著地震地方平太阴时分布特点这一指标有较好的预报效果.

(2) 一次较大地震发生后,其震后趋势的判定往往也是十分复杂的,虽然笔者对辽宁岫岩第 2 次 5 级以上地震总的趋势判定较好,但震级估计偏大.

(3) 笔者如实地记录了第 2 次岫岩 5.1 级地震的震前分析.现在回过头来看这 5 点分析,几乎每一条理由都有可商榷的余地,我想这也是地震预测之所以困难的原因之一.但 5 条理由综合起来,对三要素的预测则有相对较高的可信度.

(4) 某地区历史上发生过的地震,其地震类型只能作为参考.对一次地震的震型的判定主要应以该次地震本身的特点为依据.在对地震发生后趋势判定有较大分歧和较多疑点的情况下,不应过早地宣布这次地震已进入晚期的衰减阶段.

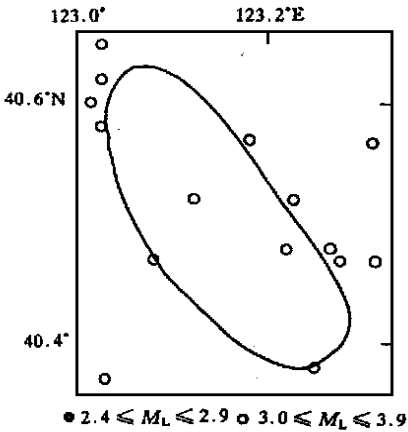


图 2 1983 年至 1999 年 10 月
辽宁岫岩及其附近地区
 $M_L \geq 2.4$ 地震的分布
Fig. 2 Distribution of the $M_L \geq 2.4$ earthquakes
in Xiuyan and its vicinity from 1983
to Oct. of 1999.

[参考文献]

[1] 陈荣华. 显著地震地方平太阴时分布及其在伽师地震短临预报中的应用[J]. 地震, 1998, 18(2): 134—140.
[2] 陈荣华. 对 1998 年 3 月 19 日新疆阿图什 6.0 级地震的预报[J]. 地震, 1998, 18(4): 423—424.
[3] 中国地震局. 地震现场工作大纲和技术指南[M]. 北京: 地震出版社, 1998. 42—44.
[4] 陈荣华, 吴开统, 刘杰, 李晓玲. 不同地震序列类型的早期特征[J]. 地震, 1994, 14(1): 44—47.

SHORT-IMPENDING PREDICTIONS TO TWO $M_s \geq 5.0$ EARTHQUAKES IN XIUYAN OF LIAONING PROVINCE AND SOME THOUGHTS TO THE PREDICTIONS

CHEN Rong-hua

(Center for Analysis and Prediction, CSB, Beijing 100036, China)

Abstract: The short-impending predictions and their reasons to the $M_s 5.4$ earthquake on Nov. 29, 1999 and $M_s 5.1$ earthquake on Jan. 12, 2000 in Xiuyan of Liaoning province are written in detail in this paper. The comparison between forecasts and actual earthquakes shows that the distribution character of local mean lunar times of significant earthquakes is a better indication of short-immediate term forecast and the judgement of the trend after a large earthquake happened is often difficult and needs comprehensive analysis. We ought to judge the type of an earthquake based on the characteristics of the earthquake itself and the type of the earthquakes in history may be only available for reference. We ought not to consider that the earthquake has been in the later weak stage if there are different views and some few suspicions of the earthquake sequence.

Key words: Impending earthquake prediction; Seismic type; Liaoning; Local mean lunar time

(上接 367 页)

THE DEPENDENCE OF VELOCITY AND ATTENUATION IN UNCONSOLIDATED SANDS ON FLUID DISTRIBUTION

LI Guang-quan, LI Wei-dong, SHI Xing-jue, WEN Dan

(Department of Earth and Space Sciences, USTC, Hefei 230026, China)

Abstract: In order to study deeply the dependence of the velocity and attenuation of elastic waves in rocks on fluids, the distribution and viscosity of fluids must be considered. The authors introduced a gas pocket model to investigate the dependence of the velocity and attenuation of P waves on viscous fluid distribution, described the uniformity of fluid distribution with average bubble radius, calculated the curves which related velocities and attenuation with saturation under different bubble radius and pressure frequency and compared gas pocket model with effect fluid model. Because Gassmann equation weren't applicable under high-frequency pressure due to the local flow, the theoretical curves were corrected with the P wave and S wave velocities in dry and saturated sands. The saturation dependence of the P wave velocity and attenuation is measured and the attenuation was attempted to derive by using amplitudes of the peak frequency. The attenuation at dryness and saturation and the attenuation law from dryness to saturation are the same as those by spectral ratio method, but amplitude of the peak attenuation is different. By regressing measured velocity and attenuation with theoretical curves and computing the average radius of bubbles. It is considered that the saturation dependence of velocities and attenuation is related with pressure equilibration between gas and liquid in sands.

Key words: P wave; Wave velocity; Attenuation; Fluid distribution; Loose medium