

32-37

p 315.7

阿图什 6.9 级地震前部分测震学参数 异常特征及其预报情况

王筱荣

(新疆维吾尔自治区地震局, 乌鲁木齐 830011)

摘要 分析了 1996 年 3 月 19 日新疆阿图什 $M_s 6.9$ 地震前几种地震波参数的异常特征。该次地震前初动符号、振幅比、尾波衰减系数、尾波持续时间比均有不同程度的异常,地震活动空间图象、时序曲线也存在一定的异常。根据上述异常作者对该次地震作出了短临预报,预报三要素与实际地震相符。介绍了预报思路和方法,并对异常机理进行了初步分析。

关键词: 新疆 临震预报, 异常特征 地震波参数异常 阿图什

1 预报思路及分析方法

地震前兆

测震学方法在地震的短临预报中往往显得比较薄弱,由于受各类方法本身的限制,单一手段的预报一般较为困难,如果将各类方法有机地结合起来,综合分析,就有可能在地震预报中发挥一定的作用。作者在多年来的实际预报工作中总结出了利用测震学方法进行地震的短临预报的方法和思路。

利用地震波参数异常的空间分布配合地震空区分析确定发震地点;由地震波参数异常时间及背景性空区围空地地震的下限震级确定未来强震震级;由地震波参数短临异常以及小震频度分析确定发震时间。

本文所用的地震波参数主要包括初动符号、振幅比(A_s/A_p)、尾波持续时间比(τ 值)、尾波衰减系数(α 值)。各参数的物理意义及具体分析方法见文献[1],[2]和[3]。

若某一台站出现初动符号持续同号,振幅比、尾波持续时间比和尾波衰减系数持续低值 4 种异常中的一种时,则视该台地震波参数出现了异常。如有 2 种以上的异常出现则认为该台异常的可信度较高。异常持续 2 个月以上,则对异常过程可以认定。异常发展至后期,若出现初动符号反号、振幅比突跳、尾波持续时间比及尾波衰减系数回返或达最低值,即可作出 3 个月的短临预报,尤其应注意异常的空间分布区内的短临异常信号。

据文献[4],满足背景性空区的条件是,所勾画的空区位于地震带上或包含其一部分;围空地地震最大空缺方位角不超过 120° ;空区长轴约在 200~600 km 范围内;空区内外地震活动有明显差异;围空地地震震级 $M_s > 4$ 。围空区形成后期若出现地震活动增强或空区内发生信号震,可预报 1~6 年内可能发生 6.5 级以上地震。

本文 1996 年 4 月 30 日收到。

作者简介:王筱荣,女,1958 年 5 月生,工程师,从事地震分析预报工作。

对于孕震空区,除了要求其具有上述4个条件外,还要求其围空地地震不少于10次,空区长轴大于50 km。空区形成晚期其边缘地区发生较大地震或明显的震群活动,则可视较大地震为逼近地震,据此可预测未来半年内在逼近地震周围相当于空区长轴的 $\frac{1}{2}$ 的半径范围内有可能发生强震。

大震前区域地震活动一般表现为增强-平静的过程,震前平静时间一般为2~18个月。若某一地区中等地震平静的同时,小震活动也随之平静,即可作出1至几个月的短临预报^[4]。

2 异常分析及预报情况

2.1 资料概述

在研究区内有3个地震台开展了地震波参数分析工作,巴楚、阿合奇台从1991年8月开始开展工作,喀什台从1994年1月起开展工作。收集各台记录到的P、S波资料,除限幅地震舍弃外,对所有地震记录及所得分析资料都不作人为取舍,以保证资料的完整性。选取37°00′~42°00′N, 74°00′~81°00′E范围内 $M_S \geq 5.0$ 地震和38°00′~42°00′N, 76°00′~80°00′E范围内 $M_S \geq 3.5$ 地震,研究上述范围内地震活动空间分布情况。以上述小区范围为主作出地震活动时序曲线。

在分析中除了作出各台地震波参数异常的时序曲线外,同时还做出了各参数异常的空间分布图。由于在研究区内于1991年2月25日发生了 $M_S 6.5$ 地震,所以各台地震波参数变化的均值以无中等以上地震的1992年的均值为准。研究区地质构造情况见图1。

2.2 异常分析

1990年至1996年研究区范围内共发生 $M_S \geq 5.0$ 地震4次(1995年5月15日5.3级地震后来被降级)。除了对1991年阿图什6.5级地震未作短临预报外,对其余3次地震均作出了书面预报,对应情况较好。

图2是巴楚台初动符号、振幅比、尾波持续时间比、尾波衰减系数异常的时序曲线。由图2a可见,1995年10月以前该台初动符号持续负号,至1996年2月出现反号。振幅比值在持续偏低的背景下,从1995年6月起回升,1996年3月5日出现突跳,达15.0,见图2b。尾波持续时间比在3年零5个月时间内持续低水平,2次5级地震的发生并未使其恢复,见图2c。尾波衰减系数自1993年至阿图什地震前系统偏低,见图2d。笔者作出了1990~1995年巴楚台地震波参数异常的空间动态分布图,并在此基础上将振幅比均值由3.8降至2.0,尾波持续时间比均值由1.48降至1.00,尾波衰减系数均值由0.025降至0.015,绘出巴楚台地震波参数低值异常分布图(图3)。由图3可见,异常起始于1993年,异常区大致分布在39°50′~40°50′N, 76°50′~79°00′E范围内,并逐年由分散到集中,逐渐向震中区收缩。图3中各点是对一条地震记录

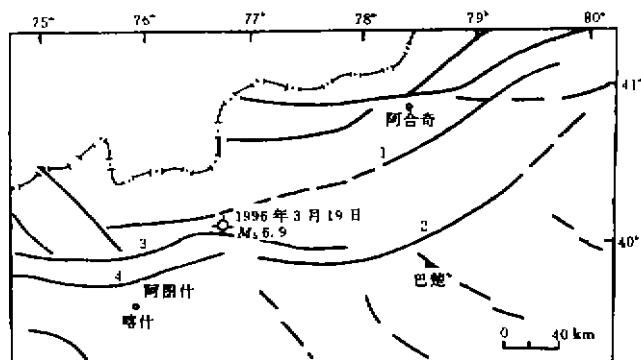


图1 研究区地质构造图

Fig. 1 Geological structures in the study area.

- 1 索格当它乌断裂; 2 阿图什断裂;
- 3 托特拱拜断裂; 4 阿图什断裂

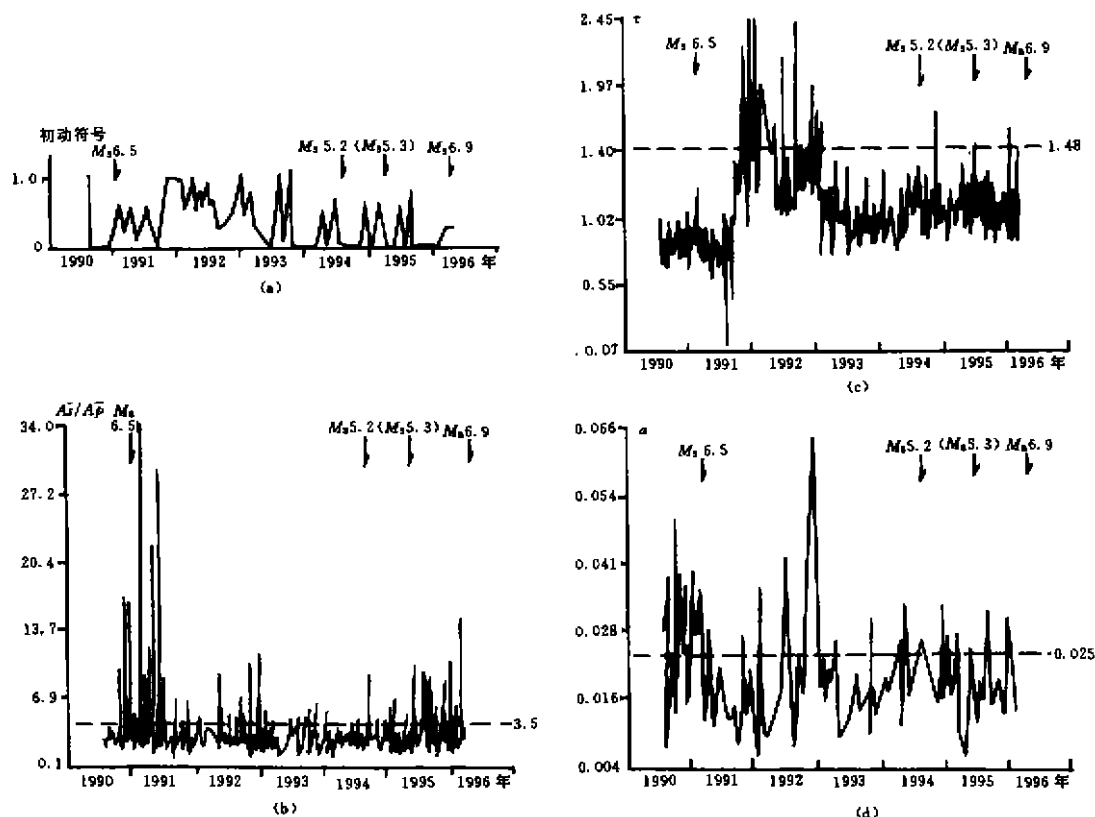


图2 巴楚地震台地震波参数时序图

Fig.2 Time sequence of parameters of seismic wave at Bachu station.

而言的,一条地震记录可能仅有一项地震波参数,也可能4项都有,那么,只要某条地震记录中所含地震波参数出现异常,则认为存在一个异常点。

阿合奇台尾波持续时间比自1995年4月起明显偏低,见图4b。尾波衰减系数自1994年起系统偏低,见图4c。从1995年5月起振幅比出现明显的高值异常,1996年2月6日该台振幅比出现突跳,达10.4,见图4a。

分析图3可以看出,阿图什6.9级地震前异常起始于1993年。喀什台从1994年开始开展地震波参数分析工作,显然资料太短,缺少可比性。

以不同的滑动窗长和步长对1970年以来柯坪块体及周边地区 $M_s \geq 5.0$ 地震逐年扫描发现,自1975年起背景性空区逐渐形成,至研究区内最后一次5级地震(1994年)发生,空区

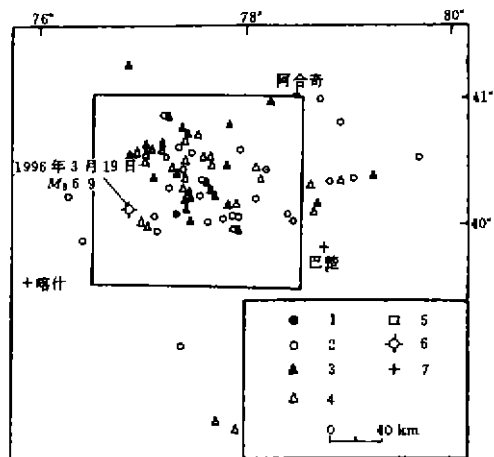


图3 巴楚地震台地震波参数低值异常分布图

Fig.3 Distribution of low value anomaly of seismic wave parameters at Bachu station.

- 1 1992年测值; 2 1993年测值; 3 1994年测值;
4 1995年测值; 5 预报区; 6 主震; 7 台站

形成时间为19年。其长轴为200 km,最大空缺方位角小于 120° ,空区内外地震频度、能量释放有明显差异(图5a)。以不同的滑动窗长和步长对1991年阿坪 $M_S 6.5$ 地震后本区 $M_S \geq 3.5$ 地震逐年进行扫描发现,孕震空区自1993年开始形成。1995年5月在孕震空区边缘发生了逼近地震,1996年2月在空区西端发生了一组小震群。以逼近地震震中为圆心,空区半长轴为半径圈定的异常范围为北纬 $39^\circ 00' \sim 41^\circ 00'$,东经 $76^\circ 20' \sim 79^\circ 00'$ (图5b)。

1995年6月以后在北纬 $38^\circ 00' \sim 42^\circ 00'$,东经 $76^\circ 00' \sim 80^\circ 00'$ 大片区域内仅发生了1次 $M_S \geq 3.5$ 地震,中等以上地震活动水平明显偏低,而这种现象是在地震高活动背景下产生的(图6a)。上述区域小震活动水平($1.5 \leq M_S \leq 3.5$)在增强后又出现平静,平静期为2个月(图6b)。至此,研究区出现了大震前地震活动性异常的短期信号。

2.3 预报情况

根据上述异常情况,1996年2月3日,作者根据研究区内巴楚、阿合奇地震台地震波参数异常情况,填报了3个月的预报卡,预报1996年2月5日至5月5日,在北纬 $39^\circ 30' \sim 41^\circ 00'$,东经 $76^\circ 30' \sim 78^\circ 30'$ 范围内将发生 6.5 ± 0.5 级地震。1996年3月16日根据新增资料进一步提出,该次地震可能在一个月內发生。实际于1996年3月19日在北纬 $40^\circ 02'$,东经 $76^\circ 41'$ 发生了 $M_S 6.9$ 地震。

3 讨论与结论

(1)地震波参数的异常可能不仅仅与研究区介质性质有关。就阿图什6.9级地震而言,巴楚地震台和阿合奇地震台在相同时间段各参数的异常表现却不相同,1991年2月25日阿坪6.5级地震前也有类似现象,这可能与两个台站所处的构造位置有关。上述两次地震均发生在塔里木盆地北缘活动构造带上,巴楚台位于该构造带附近,而阿合奇台则位于活动构造带以北的索格当它乌断裂附近,该断裂属老构造,活动水平很低。另外,文献[6]的研究表明,本区地壳结构极不均匀,巴楚隆起与南天山之间存在明显的速度梯度带,其介质性质也有较大差异。

(2)地震孕育后期外因的调制作用比较明显。对于震前振幅比的低值异常已有了较好的

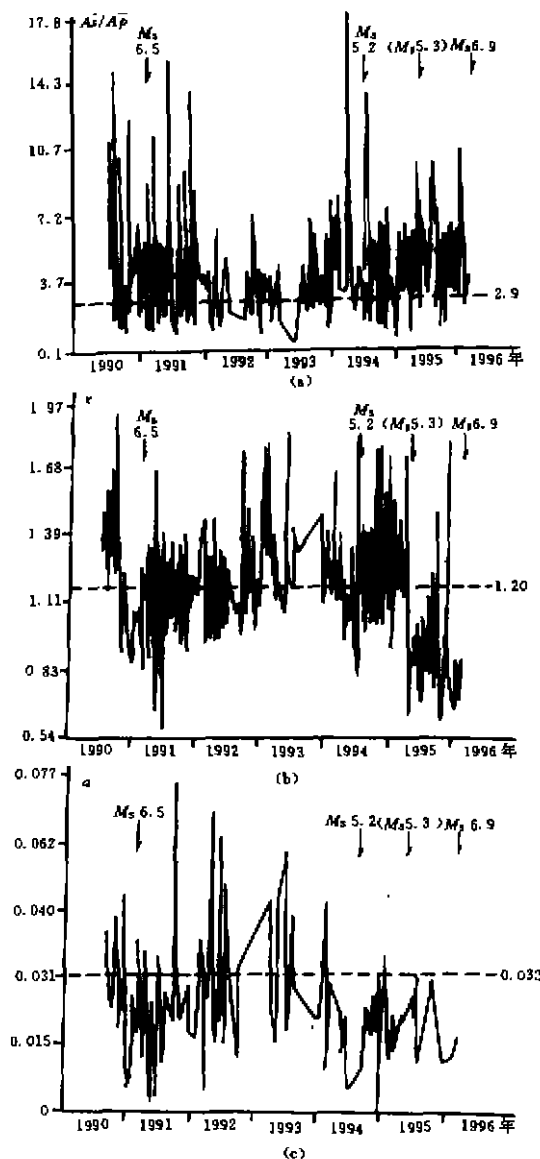


图4 阿合奇地震台地震波参数时序图

Fig.4 Time sequence of parameters of seismic wave at Aheqi station.

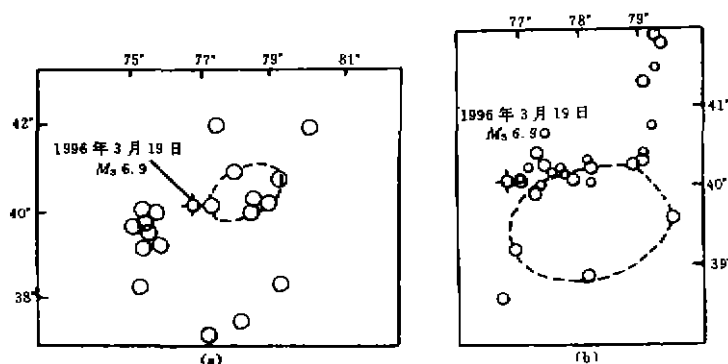


图5 阿图什 M_S 6.9 地震前地震活动空间分布

Fig. 5 Spatial distribution of seismic activity before the Atushi M_S 6.9 earthquake.

(a) $M_S \geq 5.0$ 地震; (b) $M_S \geq 3.5$ 地震

月9日、2月6日和3月5日三次振幅比突跳分别对应了农历正月十九、十八和十六日,而农历十六日恰逢惊蛰,又是大潮日。据调制模式及其震源系统不稳定指标外推^[7],可能的发展时间是3月19日或3月20日,实际地震发生在19日。

(3)震源应力场在孕震后期起主导作用。强震的孕育过程是一种渐变过程,而不是突变行为。孕震开始阶段区域应力场起了主导作用,因此,初动符号的变化是随机的。当孕震过程发展至后期,震源应力场的作用越来越明显,初动符号趋向性加强。如1991年坪坝6.5级地震前初动符号表现出近5个月的一致性,阿图什6.9级地震前有4个月的初动一致性显示。因而,震源区小震初动符号一致性加强可能是震源应力场形成的初始标志。

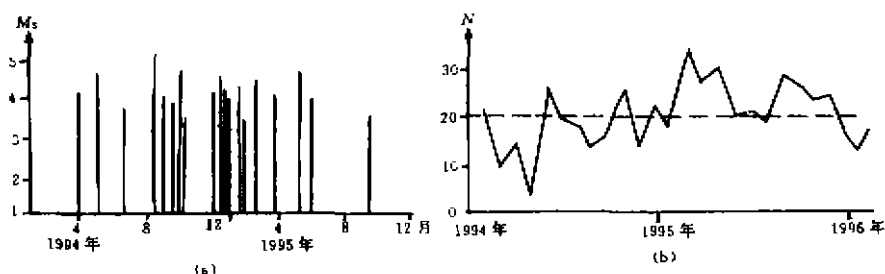


图6 阿图什 M_S 6.9 地震前地震活动时序曲线

Fig. 6 Time sequence curve of seismic activity before the Atushi M_S 6.9 earthquake.

(a) $M_S \geq 3.5$ 地震; (b) $1.5 \leq M_S \leq 3.5$ 地震

(4)利用地震波参数空间分布图可以有效地提高对未来强震三要素的判定能力。地壳介质性质在力的作用下发生改变,通过这一区域的地震波参数也将改变,地震波参数时序曲线反映的是来自台站周围的波的信息,一些有益信息可能被掩盖,而空间动态分布图避免了有益信息的丢失,使异常地域、异常时间以及异常发展至后期异常区内突发性信息清晰地显示出来。如时序图显示,巴楚台初动符号有4个月的异常,但由动态空间分布图分析,异常可追溯至1995年,而振幅比异常明显地起始于1993年,3次振幅比的突跳也都发生在作者圈定的异常

物理解释,但是对其震前突跳的原因尚不明了。如果突跳表征了临震前局部或区域介质性质的改变,似乎不应表现在某一、二次地震上。在笔者圈定的异常区内出现的3次振幅比突跳间隔均为28天,这恰恰为月球围绕地球转动一周所需要的时间。因此,振幅比的突跳也可能反映了外因的调控作用。越逼近主震,孕震系统越表现出强烈的敏感性,外因调制作用越强。另外,1

区内。

虽然本文提出的预报思路和分析方法的物理基础还需要进一步研究,但是对几次地震的预报,尤其是对阿图什6.9级地震的预报表明,这一预报思路和方法是比较实用的,当然今后还需要进一步充实、提高。

参考文献

- 1 冯德益.地震波速异常.北京:地震出版社,1987.186~200,202~206.
- 2 王海涛.单台地震预报的测震学方法.北京:地震出版社,1992.38~47,63~66.
- 3 王筱荣.中强震前地震波参数异常的研究.西北地震学报,1992,14(2):58~63.
- 4 国家地震局科技监测司.地震学分析预报方法程序指南.北京:地震出版社,1990.7~12,18~19.
- 5 Jonston M N, et al. Attenuation of seismic wave in dry and saturated rock: II mechanisms. Geophysics, 1979, 44:691~711.
- 6 胥颐.天山地壳非均匀性与地震分布.内陆地震,1995,9(3):242~249.
- 7 秦保燕.震源系统不稳定性指标和强震短临预报.西北地震学报,1994,16(4):1~9.

THE ANOMALOUS CHARACTERISTICS OF SOME SEISMOMETRY PARAMETERS BEFORE THE ATUSHI M_s 6.9 EARTHQUAKE AND ITS PREDICTION

WANG Xiaorong

(Seismological Bureau of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011)

Abstract

In this paper, the anomalous characteristics of some seismic wave parameters before the Atushi M_s 6.9 earthquake in Xinjiang on March 19, 1996 have been analyzed. Some seismic wave parameters such as the first motion mark of seismic wave, amplitude ratio, attenuation coefficient of coda and duration ratio of coda showed anomaly in varying degree before this earthquake. There were also certain anomalies in spatial picture and time sequence curve of seismic activity. The writer made a short-impending term forecast for this earthquake based on above anomalies and three factors of prediction corresponded to the actual situation. The prediction thinking and method have been introduced and the anomaly mechanism is initially analyzed also.

Key words: Xinjiang, Impending earthquake prediction, Anomalous character, Seismic wave parameter anomaly, Atushi