

# 2001 年 7 月 11 日肃南 5.3 级地震 前兆异常与地震序列特征

肖丽珠, 刘小凤, 郑卫平

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:**分析了 2001 年 7 月 11 日甘肃省肃南县祁清乡  $M_S$  5.3 地震前出现的一些较典型的活动性和前兆异常的形态特征. 地震序列类型为主震余震型; 序列  $b$  值为 0.38,  $H$  值为 0.90; 主震释放的能量占整个序列能量的 99.1%. 序列特征为强度高而频次低, 余震分布较集中, 呈北东向分布.

**关键词:**肃南地震; 前兆异常; 地震序列

中图分类号: P315.7 文献标识码: A 文章编号: 1000-0844(2002)03-0273-05

## 0 前言

2001 年 7 月 11 日 05 时 41 分 03.8 秒, 在甘肃省肃南县祁清乡发生  $M_S$  5.3 地震, 微观震中为:  $39.2^\circ\text{N}, 98.0^\circ\text{E}$ . 震源深度 10 km. 震中烈度 VI 度.

该次地震发生在兰州地震研究所圈定的 2001 年度河西地区 5~6 级地震注意监视区内<sup>①</sup>. 地震前出现了一些地震活动性异常和形态较典型的前兆异常. 余震序列特征为强度高而频度低, 初步判定为主余震型. 本文介绍了该次地震前主要异常情况及地震序列特征.

## 1 前兆异常特征

2001 年 7 月 11 日肃南 5.3 级地震发生在祁连山地震带的西段, 是历史上强震多发区. 该地区台网监测能力较低, 在震中 0~100 km 和 101~200 km 范围内分别有地震台站 5 个和 4 个, 其中测震台站 3 个, 定点前兆台站 3 个. 它们分别有电、磁、水氡、水位、地形变等 9 个测项. 地震前的地震活动性异常为 5 项, 全部为一年以上的中期异常; 定点前兆异常为 4 项, 以一个月左右的短期异常为主.

### 1.1 地震活动性异常

#### 1.1.1 河西西部空区

图 1 为 1993 年 1 月~2001 年 4 月祁连山西段  $M_L \geq 3.0$  地震围空图. 可看出 1993 年以来  $M_L \geq 3.0$  地震在祁连山西段的嘉峪关—酒泉—镜铁山—玉门一带形成围空状. 截止 2001 年 4 月该空区仍处于闭锁状, 时间长达 8 年之多. 1993 年以前该区内部地震相对活跃, 根据空区识

收稿日期: 2001-09-17

基金项目: “十五”攻关项目(2001BA601B01-03-01)资助课题; 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC 2002038.

作者简介: 肖丽珠(1951—), 女(汉族), 陕西富平人, 高级工程师, 主要从事地震活动性分析预报及研究工作.

① 2001 年度甘肃省震情研究报告. 甘肃省地震局, 2000.

别标志认为是具有中长期前兆意义的孕震空区<sup>[1]</sup>,但震前没有发现显著的逼近地震发生.这次肃南5.3级地震发生在该空区内部.

### 1.1.2 条带

图2为祁连山地震条带图.可看出2000年1月~2001年6月 $M_L \geq 3.3$ 地震在祁连山西段的昌马—托来南山—祁连和青海的格尔木—哈拉湖—甘肃的肃南形成NW和NE向共轭条带,交汇于甘肃的肃南,时间长达一年半左右.这次肃南5.3级地震发生在共轭条带交汇部位的西北约100 km处,位于北西向条带内.该条带的分布方向与发震构造——陶勒山断裂走向吻合.

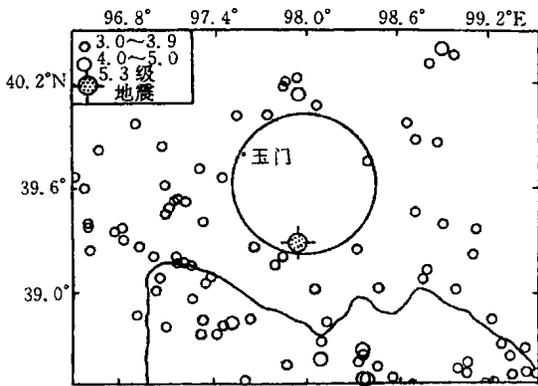


图1 祁连山地震带西段地震分布 (1993-01~2001-04  $M_L \geq 3.0$ )

Fig. 1 Epicentral distribution in the west part of Qilian mountain.

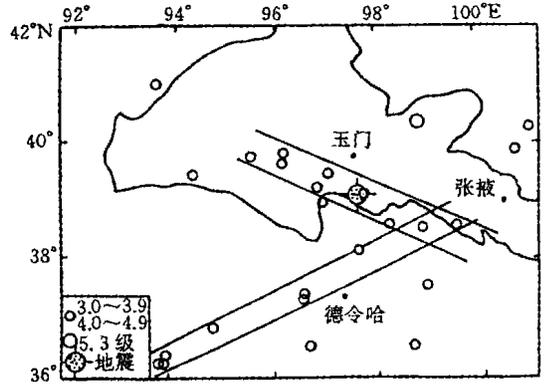


图2 昌马—祁连地区地震条带分布 (2000-01~2001-06  $M_L \geq 3.3$ )

Fig. 2 The distribution of seismicity belts in the Changma-Qilian region.

### 1.1.3 频度

图3为河西西部地区(38°~40°N, 94°~100°E)  $M_L \geq 2.0$ 地震频度时间扫描曲线.看出该区频度从2000年后半年开始出现低值异常,截止2001年6月已超过均方差范围.

### 1.1.4 缺震曲线

图4为该缺震曲线.看出从2000年以来该区地震活动呈缓慢衰减趋势.截止2001年6月超过均方差范围,存在缺震现象.

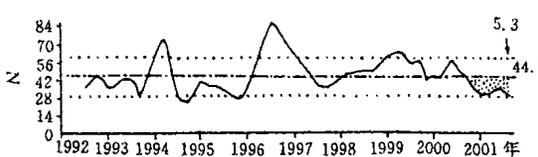


图3 河西西部  $M_L \geq 2.0$  地震频度曲线  
Fig. 3 Curve of seismic frequency in the west part of Hexi.

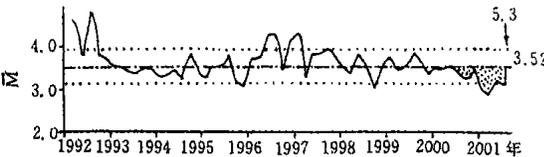


图4 河西西部  $M_L \geq 2.0$  地震缺震曲线  
Fig. 4 Curve of default earthquake in the west part of Hexi.

### 1.1.5 D值曲线

图5为该D值时程曲线.看出D值从2000年以来开始上升,于同年9月达最高值,2001年4月D值有所回升.认为异常出现回返迹象,结果于7月发生5.3级地震.

## 1.2 定点前兆异常及特征

肃南5.3级地震前震中200 km范围内有定点前兆观测项目9项,经过异常落实和总结筛

选,较为可靠的异常为4项.

### 1.2.1 酒泉水氡

图6为酒泉水氡月均值曲线.看出水氡于2000年4月出现低值异常;6月6日景泰5.9级地震后于10月回升;2001年6月初又出现低值;7月11日肃南5.3级地震后截止于7月底仍在低值波动.

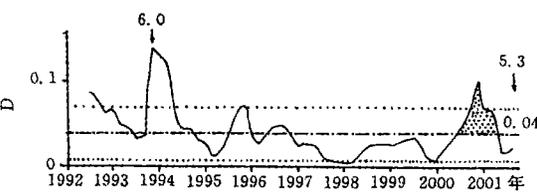


图5 河西西部地区D值曲线  
Fig. 5 Curve of D-value in the west part of Hexi.

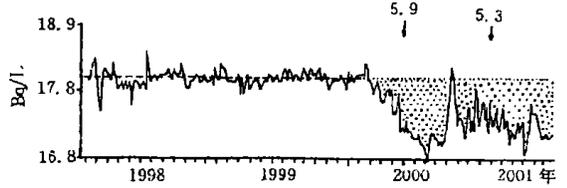


图6 酒泉水氡五日均值图  
Fig. 6 Curve of 5 daily mean value of radon in Jiuquan.

### 1.2.2 高台水位

高台水位从2001年6月中出现打破年变的低值异常,7月4~9日出现转折,11日发生地震,震后开始回升.

### 1.2.3 404厂地电

图7为位于嘉峪关以南约10 km处的404厂地电阻率日均值曲线.该台地电于6月21日~7月17日间,NW和NS两道同步出现低值突降异常,震后恢复.

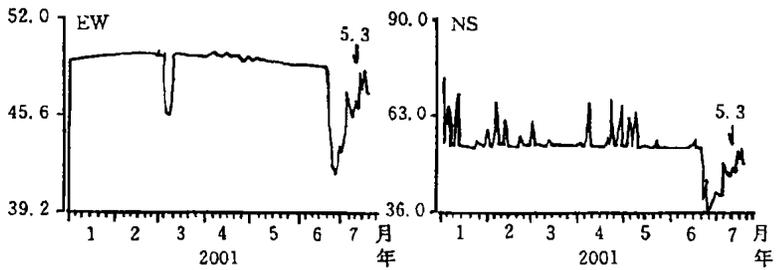


图7 404厂地电阻率日均值图  
Fig. 7 Curve of daily mean value of apparent resistivity in 404 factory.

### 1.2.4 临泽水位

临泽台位于5.3级地震东面约220 km处,是该次地震前200 km以外监测到的唯一一项异常.临泽水位自2001年6月中旬出现打破年变的低值异常,震后尚未恢复,仍在持续下降中.

## 2 地震序列特征

肃南5.3级地震发生在祁连山地震带西段,这一地区的历史地震绝大多数属于主震余震型,但又具有余震不很发育、强度高而频次低的特点.如1988年11月22日肃南5.7级地震,震前约40天有前震活动,震级最大为 $M_S 4.2$ ,主震后余震频次不很发育,但强度高,最大为 $M_S 5.1^{[3]}$ .

据甘肃省地震台网测定,这次肃南5.3级地震,截止7月31日共发生 $M_L \ge 1.0$ 余震23次.其中 $M_S \ge 3.0$ 地震5次;2.0~2.9级5次;最大为7月18日 $M_S 3.3$ ;与主震震级差为2.0,震级衰减基本正常.

该地震序列类型为主震余震型;主震释放的能量约占整个地震序列能量的99.1%;序列b值为0.38;h值为0.9.由b、h值分析,该序列衰减尚不正常,存在发生相应强度地震的可能.但由于该序列频度低、小震少,而b、h值的计算主要依靠高频度,所以此b、h值仅供参考.

### 2.1 余震序列的时间特征

图 8 为肃南 5.3 级地震序列频度曲线和  $M-t$  图. 看出余震频次衰减较快, 主震后当天发生余震 11 次; 第二天发生 2 次; 平静约 3 天后又陆续发生. 第一天发生的余震频次约占整个序列的 48%. 由  $M-t$  图分析, 该序列衰减的特征很明显, 即强度高, 频度低. 但从主-余震震级差可以看出该序列衰减基本正常, 与该地区地震序列特征相吻合, 说明后面发生更大地震的可能性不大. 由该序列的蠕变曲线分析序列能量释放较快, 基本是由主震一次性释放完成.

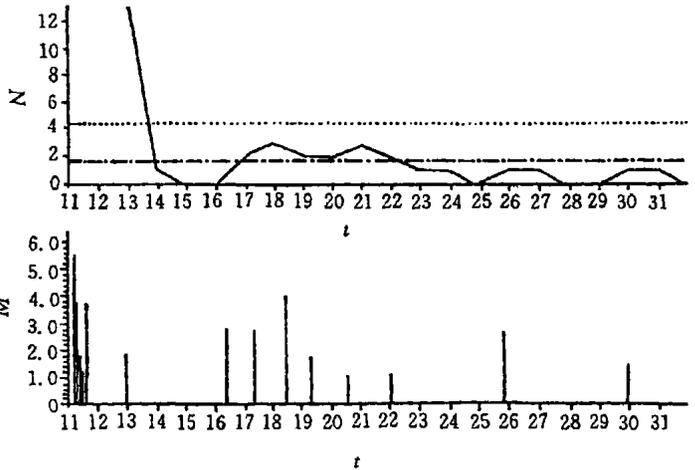


图 8 肃南 5.3 级地震序列频度和  $M-t$  图

Fig. 8 Curve of frequency and  $M-t$  diagram of the  $M_s$  5.3 Sunan seismic sequence.

### 2.2 余震活动的空间特征

图 9 给出了肃南 5.3 级地震余震的空间分布. 图中实心圆为主震前一周发生的两次前震, 分别为 2.5 和 3.3 级. 主震后余震集中分布在震中附近, 呈北东向分布; 一周以后余震逐渐向外围扩散.

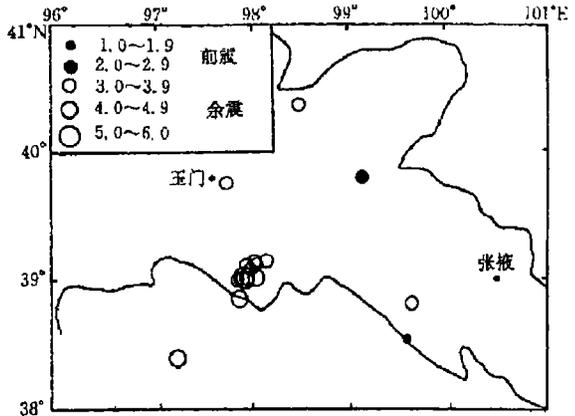


图 9 肃南 5.3 级地震余震分布

Fig. 9 Epicentral distribution of the  $M_s$  5.3 Sunan earthquake sequence.

## 3 结论与讨论

肃南 5.3 级地震发生在甘肃省西部, 位于 2001 年度注意监视区内. 前兆台网监测能力不很强. 历史上该地区曾发生过 1988 年肃南 5.7 级地震和 1992 年嘉峪关 5.4 级地震. 1988 年肃南 5.7 级地震前, 在震中 200 km 范围内观测到 9 项异常. 其中测震学异常有 5 项, 包括空区、条带、小震调制、波速、小震频度; 定点前兆异常有 3 项, 分别为西武当水氩、山丹视电阻率、高台地倾斜, 占定点前兆异常总数的 14%.

1992 年嘉峪关 5.4 级地震前, 在震中 200 km 范围内观测到 6 项异常. 其中测震学异常 5 项, 包括空区、小震频度、空间集中度  $C$  值、 $b$  值和应变释放; 定点前兆异常仅距震中 18 km 的嘉峪关视电阻率 1 项, 占定点前兆台项总数的 9%<sup>②</sup>.

此次地震前观测到 9 项异常. 其中测震学异常有 5 项, 包括空区、条带、小震频度、缺震、 $D$  值; 除测震学以外的定点前兆异常有 4 项, 其中 3 项在距震中 200 km 范围内, 占定点前兆台项总数的 33%. 这对一个 5.3 级地震而言已属不易. 距震中最近的为酒泉台, 约 50 km; 最远的为

② 甘肃省地震局. 1992 年 1 月 2 日甘肃省嘉峪关 5.4 级地震. 2001.

临泽台, 约 220 km, 空间上比较分散. 异常在时间上以中短期为主, 没有临震异常显示.

### [参考文献]

- [1] 中国地震局科技监测司. 地震学分析预报方法程序指南[M]. 北京: 地震出版社, 1990.
- [2] 肖丽珠, 扬玉衡, 郑维平. 1988年11月22日肃南5.7级地震[A]. 见: 中国震例[C]. 北京: 地震出版社, 1988. 344—356.

## THE CHARACTERISTIC OF ANOMALIES AND SEISMICAL SEQUENCE OF $M_s5.3$ EARTHQUAKE OCCURRED IN SUNAN COUNTY ON JULY 11, 2001

XIAO Li-zhu, LIU Xiao-feng, ZHENG Wei-ping

(Lanzhou Insititute of Seismology, CSB, Lanzhou 73000, China)

**Abstract:** The earthquake of  $M_s5.3$  occurred at the Qiqing town Sunan county in Gansu province has been systematically analyzed. The features of seismicity and the characteristics of anomalies of before the earthquake are studied. The earthquake sequences is mainshock type. The value of  $b$  is 0.38;  $h$  value is 0.9; and the energy release of mainshock is 99.1 percent of all earthquake sequences. The characteristics of the event sequence is high strong and low frequency. The distribution of remainshock is more concentrated and the direction is NE.

**Key words:** Sunan earthquake; The characteristics of anomaly; Seismic sequence