

# 1997年玛尼7.5级地震前后区域地震活动特征及远场前兆

苏旭, 马文静, 张晓清

(青海省地震局, 青海 西宁 810001)

**摘要:** 分析研究了1997年11月8日玛尼7.5级地震前区域地震活动特征及远场前兆。结果表明: 该次地震前, 在震中南侧形成了一个 $M_S \geq 5$ 地震空区; 整个藏北地震带 $M_L \geq 4.0$ 地震活动减弱; 在震中东侧940 km处的青海德令哈地应力和距震中600 km处的格尔木水温出现了短临异常。还对该次地震发生的背景和震后调整等问题作了初步探讨。

**关键词:** 区域地震活动特征; 远场前兆; 玛尼地震

**中图分类号:** P315.5; P315.72   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1000-0844(2001)04-0365-05

## 1 1997年玛尼7.5级地震概况

1997年11月8日在西藏玛尼发生了7.5级地震, 震中位于西藏块体的北部边缘<sup>[1]</sup>, 属藏北地震带(图1)。由于该区自然条件恶劣, 当时未对该次地震进行考察。1999年9月中国地震局组织有关人员进行了考察, 确定EW向的马尔盖-茶卡断裂为该次地震的发震断裂<sup>①</sup>。到目前为止玛尼7.5级地震是中国大陆地区第五地震活跃期中发生的最大的一次地震。

## 2 1997年玛尼7.5级地震前区域地震活动特征

### 2.1 地震活动的平静现象

通过对中国西部地区1950年以来 $M_S 5$ 地震空间分布图像的时间扫描发现, 从1992年开始在玛尼7.5级地震震中南侧形成了一个5级地震围空区, 空区内外频次、能量比及围空地

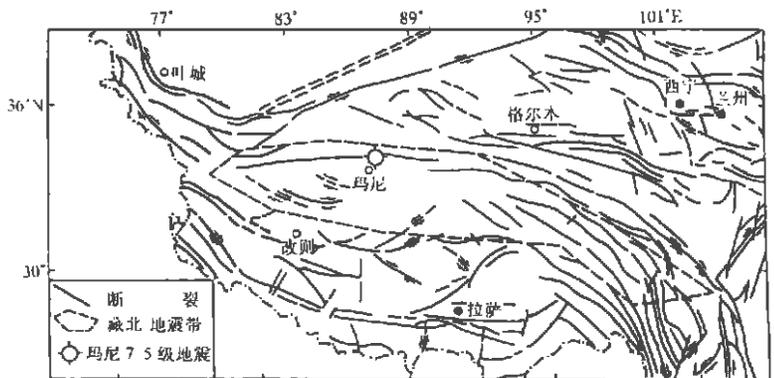


图1 1997年11月8日西藏玛尼7.5级地震及构造分布  
Fig. 1 Distribution of geological structures and the Mani earthquake on Nov. 8 1997, in Tibet, China.

收稿日期: 2000-04-23

作者简介: 苏旭(1969-), 男(汉族), 江苏无锡人, 工程师, 现主要从事地震工程研究工作。

① 徐锡伟, 等. 1997年11月8日西藏玛尼7.5级地震科学考察汇报. 2000年.

的夹角等参数均符合判定空区的指标, 且在此之前空区内有 5 级地震活动. 空区长轴方向近 EW、长约 600 km(图 2). 从 1995 年开始在该次地震震中周围 400 km 范围内无 5 级地震发生, 在此平静区东侧形成一条 NE 向的地震活动条带(图 3). 平静区内于 1997 年 1 月 20 日、3 月 22 日和 10 月 16 日分别发生了 5.4、5.7 和 5.1 级地震, 而且这 3 次地震也形成了一 NE 向条带分布. 对于一次 7 级地震, 上述空区形成的时间似乎过短, 但是 1973 年在该区曾发生 7.3 级地震, 和 1997 年 7.5 级地震仅相隔 27 年, 这可能说明该区的构造活动强烈, 强震的复发周期较短, 因此孕震时间相对较短, 该空区持续时间短是可能的. 这可能也是该区地震活动的一个特殊性.

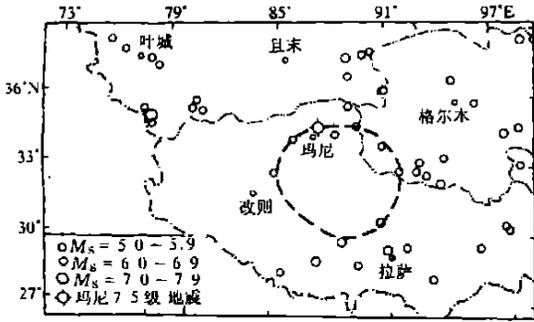


图 2 1992-01 ~ 1997-11-08 中国西部地区 5 级以上地震震中分布

Fig.2 Distribution of  $M_s \geq 5$  earthquakes in western China from Jan., 1992 to Nov. 8, 1997.

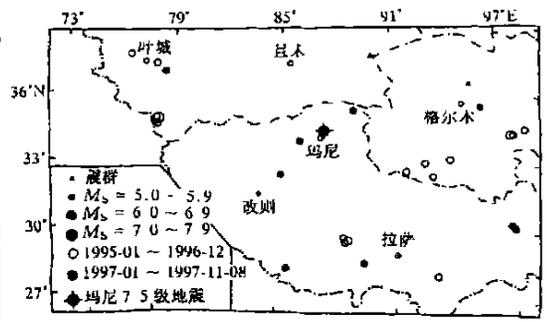


图 3 1995-01 ~ 1997-11-08 中国西部地区 5 级以上地震及 1996-12 ~ 1997-09 震群分布

Fig.3 Distribution of  $M_s \geq 5$  earthquakes from Jan., 1995 to Nov. 8, 1997 and swarms from Dec., 1996 to Sept., 1997 in western China.

图 4 给出了玛尼 7.5 级地震震中周围不同范围内和藏北地震带  $M_L \geq 4.0$  地震年频次曲线. 由图 4a 可见, 在震中周围 300 km 范围内, 从 1987 年开始地震活动处于相对平静状态. 在震中周围 400 ~ 500 km 范围内, 地震活动经历了 2 次相对活跃的时段, 1994 年以来地震活动处于相对平静时期(图 4b, c). 由此可见, 玛尼地震是在地震活动相对平静的背景上发生的.

通过对藏北地震带  $M_L \geq 4.0$  地震的时空扫描发现, 该带 4 级( $M_L$ )以上地震活动的减弱和集中分布也是强震前较为突出的现象之一. 1997 年玛尼 7.5 级地震前连续 3 年, 该带 4 级以上地震的年频次在 6 次以下, 1997 年 3 月 22 日以后至震前该带无 4 级以上地震发生. 此外, 1988 年唐古拉 6.8 级地震前 1 年除了在未主震震中附近发生 1 次 4.1 级地震外(震前 2 个月), 该带也无 4 级以上地震发生(图 4d).

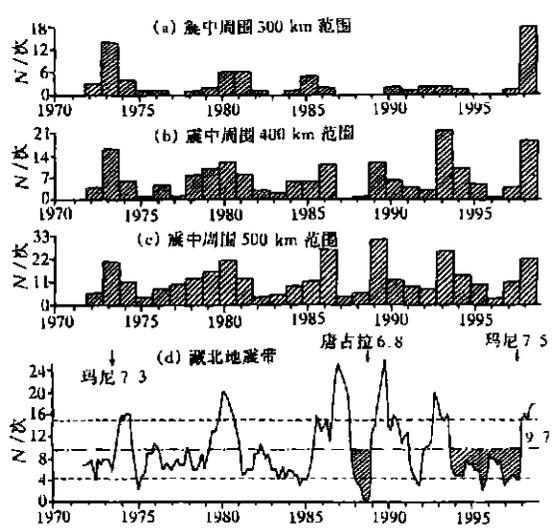


图 4 玛尼 7.5 级地震前不同范围  $M_L \geq 4.0$  地震年频次

Fig.4 Annual frequency of  $M_L \geq 4.0$  earthquakes in varying ranges before the Mañi  $M_s 7.5$  earthquake.

## 2.2 震群活动

1996年以来青海地区震群活动增强,其中龙羊峡震群、茫崖震群和锡铁山震群在震级和频次上是最突出的。表1中列出了上述3次震群的参数,其中锡铁山震群为前兆震群,其它2次为一般震群<sup>②</sup>。这3次震群在空间上形成了NW向的条带分布(图3)。玛尼7.5级地震后,青海地区虽然震群活动仍较多,但其强度明显下降。在震中附近中等地震相对平静的背景上,外围地区(青海)震群活动的显著增强,可能表明了区域应力场的增强和震源区的闭锁双重特征。

表1 青海地区3次震群的有关参数

震群发生地点	活动时间	$M_{\max}$	$b$	$U$	$h$	$\rho$	$K_4$	震群性质
龙羊峡	1996-12-14~ 1997-03-11	4.9	0.70	0.39	0.87	1.43	0.20	一般震群
茫崖	1997-05-18~ 07-05	4.9	0.40	0.49	0.10	0.50	0.30	一般震群
锡铁山	1997-06-25~ 07-27	4.8	0.60	0.68	0.70	0.46	0.80	前兆震群

## 2.3 玛尼地震前后中国大陆及其周边地区的地震活动特征

从第五个活跃期开始到1996年3月伽师6.9级地震前,中国大陆地区7级地震主要分布在南北地震带内,而6级地震主要沿“西藏谢通门—包头”NE向条带分布,新疆地区只发生过4次6级地震,同期,台湾地区7级地震比较活跃,说明印度洋板块对中国大陆的推挤在其东触角地区比较强烈。1996年3月伽师6.9级地震、1996年11月喀拉昆仑7.1级地震和1997年伽师强震群的发生使上述格局有所变化,印度洋板块西触角地区成为地震活动的活跃地区,而青藏高原北部及整个南北地震带地震活动相当平静,台湾地区的地震活动也主要以6级地震为主。1997年玛尼7.5级地震的发生与这种格局的变化有非常密切的关系。

## 3 玛尼7.5级地震前的远场前兆异常

玛尼7.5级地震前后距震中约950 km的乌鲁木齐水磨沟04井、红雁池10号井和呼图壁达拉拜21号泉水位均出现了异常变化<sup>14</sup>。

在震中东侧约940 km的青海德令哈地震台地应力在该次地震前出现了短临异常。该台地应力于1996年10月开始正式观测,1997年3月以后变化趋势基本稳定。从1997年9月25日开始,EW向和NS向测值先后出现趋势性下降,11月1日NE向测值突降,其中NE向测值下降幅度最大。地震后测值逐渐恢复。主压应力异常更为突出,该异常始于1997年8月初,10月20日左右变化加速,11月8日玛尼地震发生后逐渐恢复。11月1日主压应力方向也发生突变。这次异常过程是该台观测以来的最大变化。

距震中约600 km的格尔木地震台水温从1997年9月下旬开始上升,震前上升幅度为0.3℃,震后有明显的调整(图7)。自1996年11月观测以来,该观测点水温异常与周围地震对应率较高。

## 4 玛尼7.5级地震后的地震活动特征

1997年11月8日玛尼7.5级地震发生后,其外围调整地震(截止到1999年5月底)的地区分布与1973年玛尼7.3级地震类似,尤其是喜马拉雅地震带的2个调整区基本重合,且震级

② 陈玉华,等.青海及邻近区域地震序列类型和特征研究报告.2000年.

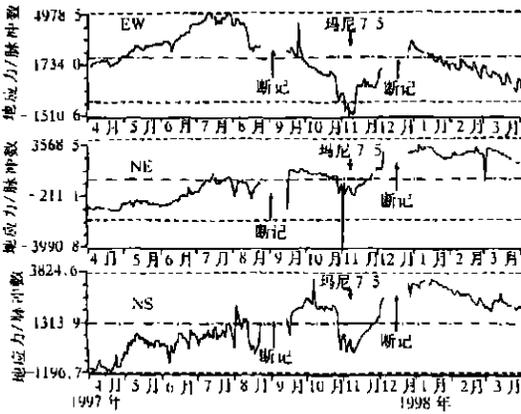


图5 德令哈地震台地应力日均值 (消除趋势性变化)

Fig. 5 Daily mean value of ground stress in Delingha station.

相当,其他几个调整区的震级略低。

1997年玛尼7.5级地震后各调整区发生的最大地震分别为:1998年5月29日新疆和

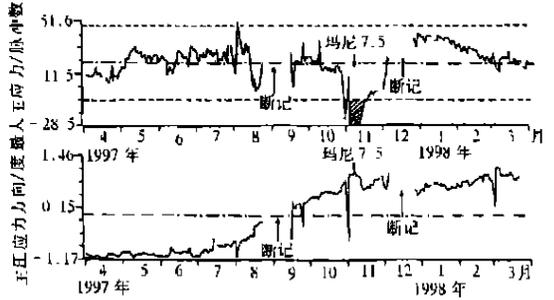


图6 德令哈地震台地应力主压应力值和主压应力方向(消除趋势性变化)

Fig. 6 Value and direction of principle stress in Delingha station.

田6.0级(南天山带西段)、1998年7月20日西藏谢通门6.0级(喜马拉雅带中段)、1998年11月19日云南宁蒗6.1级(南北地震带南段)、1999年3月29日中印交界6.9级(喜马拉雅带西段)和1999年5月30日青海杂多5.6级(唐古拉地震带中段)。

1973年玛尼7.3级地震后,其6级地震的活动区与7.5级地震后的活动区基本一致,且在较短时间内分别发生了四川炉霍7.1级和新疆乌恰7.1、7.3级地震,说明印度板块东西两触角的的活动均较强.因此,以后几年中国大陆内部发生一系列7级以上强震是可以理解的.1997年玛尼地震后,印度板块东西两触角作用区均以6级地震活动为主,大陆内部总体活动强度较低的状况可能与此有关。

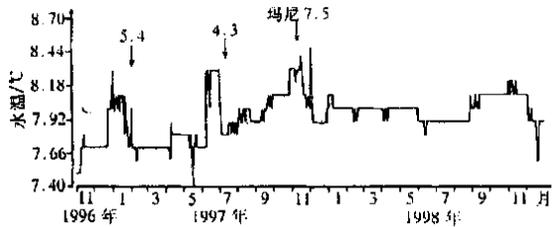


图7 格尔木台水温日均值

Fig. 7 Daily mean value of groundwater temperature in Geemu station.

[参考文献]

[1] 马杏垣. 中国岩石圈动力学地图集[Z]. 北京: 中国地图出版社, 1989.  
 [2] 王道, 卢静芳, 陈玲, 等. 西藏7.5级地震在乌鲁木齐地区地下水中的远场效应[J]. 内陆地震, 1999, 13(1): 93—95.

## REGIONAL SEISMICITY CHARACTERS BEFORE AND AFTER THE MANI $M_S$ 7.5 EARTHQUAKE AND ITS FAR-FIELD PRECURSORS

SU Xu, MA Wen-jing, ZHANG Xiao-qing

(*Seismological Bureau of Qinghai Province, Xining 810001, China*)

**Abstract:** Regional seismicity characters before and after the Main  $M_S$  7.5 earthquake on Nov. 8, 1997 and its far-field precursors are analyzed and studied. The results show that before the earthquake, a gap of  $M_S \geq 5.0$  earthquakes has been formed in the south of the epicenter and frequency of  $M_L \geq 4.0$  earthquake along Zangbei seismic zone decreased; Ground stress of Delingha station which is to the east of the epicenter and 940 km distant from it and groundwater temperature of Geemu station which is about 600 km distant from the epicenter have shows of short and impending anomalies. The background of the earthquake and stress field adjustment after the event are approached.

**Key words:** Regional seismicity character; Far-field precursor; Mani earthquake

## 太阳活动与发震断层走向

郭增建

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

在太阳活动峰年, 中国大陆内部和蒙古国内的近东西向断层易于发生8级和8级以上大震, 7.5级以上大震也有类似情况, 而7级左右地震则此情况不明显. 其物理解释如下. 特大地震发生前近东西向震源断层面上预滑幅度和预滑面积大, 因之预滑导致的升温幅度大. 对于东西向发震断层来说, 这个预滑升温面与磁暴的水平强度方向近于垂直, 该水平强度的剧烈变化所产生的涡电流较大, 此涡电流使预滑面再升温并使摩擦阻力减小, 遂使7.5级以上大震易于在太阳活动峰年发生. 至于近南北向的发震断层, 因其预滑升温面与磁暴的水平强度方向斜交或平行, 所以产生的涡电流较小, 故发震时间受磁暴的影响较弱, 即受太阳活动峰年制约的程度较弱.

## RELATION BETWEEN SOLAR ACTIVITY AND STRIKE OF SEISMOGENIC FAULT

GUO Zeng-jian

(*The Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China*)