

# 昆仑山口西 8.1 级地震与甘川应变变化的关系

高原, 蒲小武, 陈彦平, 李凌飞, 韩英, 王金燕

(甘肃省地震局武都中心地震台, 甘肃 武都 746000)

**摘要:** 利用甘肃与四川4个钻孔应变台的数据进行受力分析后发现: 中国西部存在着统一的应力场, 2001年11月14日昆仑山口西8.1级地震破裂带的力学特征与这个统一应力场相一致. 这些台的应变资料在震前都普遍存在明显的短临异常.

**关键词:** 昆仑山口西8.1级地震; 应变异常; 统一应力场

**中图分类号:** P315.72<sup>+</sup> **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2003)01-0070-04

## 0 引言

本文收集了位于南北地震带上攀枝花、西昌、武都、高台等4个台的压容应变资料, 并进行了分析. 4个台使用的仪器都是高灵敏度的压容应变仪, 能记录到固体潮的变化. 四川的攀枝花、西昌台地处南北地震带的中南段, 甘肃的武都台地处南北地震带的中北段; 高台位于青藏高原东北缘的祁连山构造带上. 南北跨越纬度近15度, 东西跨越经度5度以上, 控制区域大, 基本能反映西部应力场的变化. 2001年11月14日昆仑山口西8.1级地震前四个台的应变资料都存在明显的趋势异常和短临异常. 武都地震台根据本台应变资料的短临异常变化, 在震前一星期作了短临预报. 在地震预报三要素中, 虽地点与震级相差较大, 但可以说明在8.1级地震前武都台的应变资料是有所反映的. 分析与总结这些应变台的受力状态与震源区破裂带力学性质的关系, 对今后应变资料在地震预报中的运用, 具有参考作用.

## 1 各台应变资料与异常分析

由于在观测井内的压容应变探头分别在水平方向放置在EW、N45°E、NS和N45°W四个方位上, 这四个不同方位的受力元件所受到的张力或压力, 可近似地直接看作是该方向应力的变化, 不通过繁复的计算就可大概知道各方位应力的变化情况, 使日常应力分析大大简化. 受压时测值变小, 受张时测值变大, 从曲线的变化形态可看出应力的变化趋势.

### 1.1 武都台应变资料分析

武都应变观测站位于南北地震带的中北段, 东昆仑断裂带的东端, 多种大型构造带在这里交汇、穿插、复合, 是地震监测较理想的地点. 从多年的观测发现, 对很多较远的强震各方向应变在震前都出现较明显的短临异常. 在昆仑山口西8.1级大震前, 武都台的N45°E向有长达3年的持续挤压力存在, NS和N45°W两个方向则受到15个月的张应力作用; EW向两年来变化不明显(图1~图2).

从图中看出, 8.1级地震前N45°W和NS向受力元件在震前几天测值就开始加速上升, 表示这两个方向的张应力在短期内急速增强. 这是一个明显的短临信息, 因此武都台在2001年11月7日作出短临预报: 在青海东部以35°N, 101°E为中心的200 km范围内, 在11月7日至11月21日15天时间内, 将发生

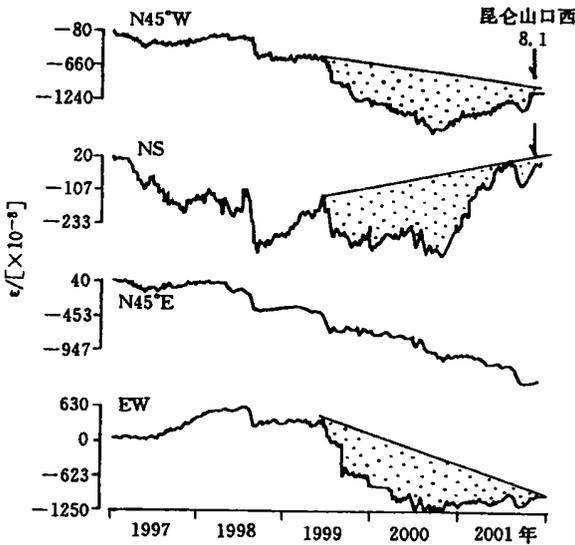


图 1 武都台钻孔应变日值曲线  
Fig. 1 Diurnal mean values of borehole strain in Wudu station.

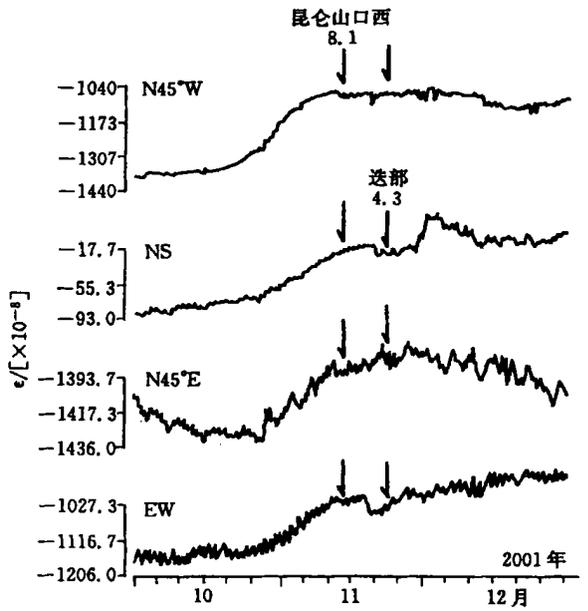


图 2 武都台钻孔应变逐时值曲线  
Fig. 2 Hourly values of borehole strain in Wudu station.

5.0 ~ 5.4 级地震. 与 2001 年 11 月 14 日青海昆仑山

口西(宏观震中为 35°46'N, 93°22'E)发生的 8.1 级地震进行比较, 预报的时间、方位正确, 地点、震级相差较大.

武都台各方向的应力状态与 11 月 14 日昆仑山口西 8.1 级地震破裂带的力学性质基本一致. 根据文献 [1], 此次大震的主破裂带走向 N85°W, 接近东西向; 主破裂带是以张裂为主, 并加之左旋扭动共同作用形成的; 此外断裂东段还存在一个走向 N60°E 的张裂带, 说明震区张应力方向为 SN ~ NW 方向, 与武都台 NS、N45°W 向张力在震前短期内急剧增加相对应. 震区出现的挤压脊和鼓包的长轴方向在 N10° ~ 60°W 之间, 说明震区挤压力为 NE 向, 这与武都应变 N45°E 向压应力持续增强相一致.

### 1.2 攀枝花和西昌台应变资料分析

攀枝花和西昌应变观测台的应力状态, 可基本反映出中国西南地区的应力状态.

攀枝花台 2000 ~ 2001 年的应变资料反应 N45°W 和 NS 向曲线总体趋势是上升的, 说明在这两个方向张应力在不断的增强, 与武都应变台所反映的力学状态是一致的. 8.1 级地震前也有明显的短临异常(图 3).

西昌台 N45°W、NS、EW 向探头元件在 2000 ~ 2001 年都受到张力的持续作用, 这与武都台相同方位的受力元件的应力状态也是一致的(图 4).

### 1.3 高台台应变资料分析

从图 5 可以看出, 高台台的 N45°W 向元件测值在 1999 年 7 月起张应力就在持续增强; N45°E 在 2001 年 5 月开始压应力急速增强; 南北向趋势不太明显, EW 向处在张的趋势中. 其受力状态与武都台应变所反映的应力状态十分相似.

## 2 武都水位、地热观测资料的短临异常

武都水位、地热是中国地震局“九五”前兆改造新上的手段, 是数字化程度很高的连续自记仪. 水位观测使用 IN-3 型仪器, 水位分辨率小于 1 mm; 地热观测使用 SZW-1A 型数字式温度计, 地热分辨率小于 0.

0001 °C。仪器安装在钻孔应变观测站院内,与应变同台观测。使用的是原压磁应力测井,井深 75.5 m。这两种前兆手段在昆仑山口西 8.1 级地震前也有很好的短临异常反映。如图 6 水位在 7~9 月有一个上升过程,在 10~11 月有一个急速下降过程,在急速下降过程中发生了昆仑山口西 8.1 级地震。这个急速下降很可能是一个震兆异常。说明测区岩石裂隙在张应力的作用下扩张,使水位急速下降。这与武都应变反映的测区以张应力为主是一致的。从图上还可以看出,在地震发生的时刻,还发生了同震突跳变化。

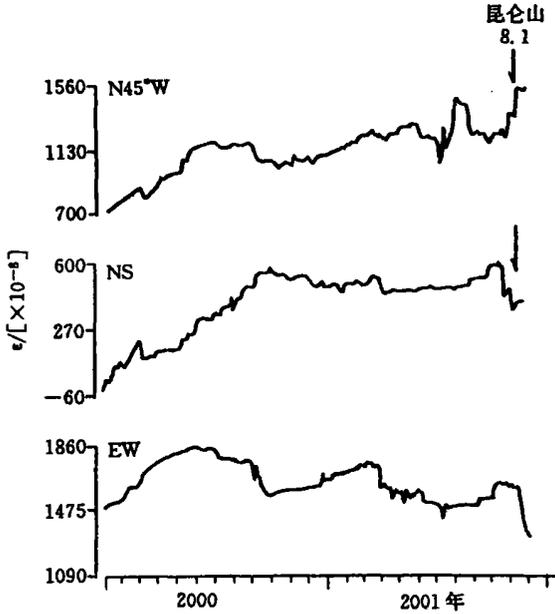


图3 攀枝花台钻孔应变日值曲线  
Fig. 3 Diurnal mean values of borehole strain in Panzihua station.

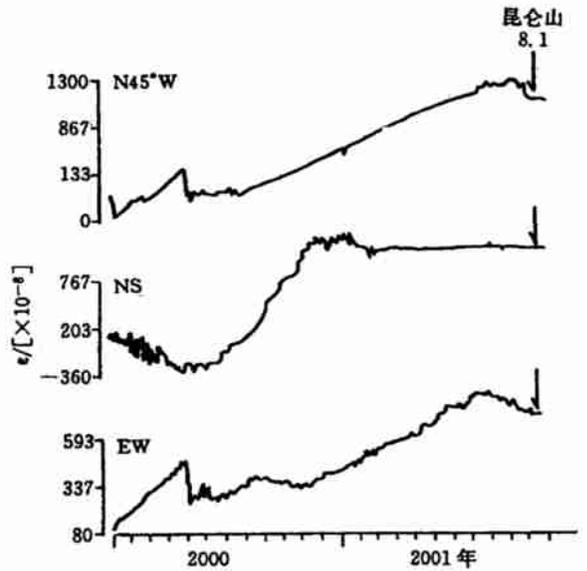


图4 西昌台钻孔应变日值曲线  
Fig. 4 Diurnal mean values of borehole strain in Xi chang station.

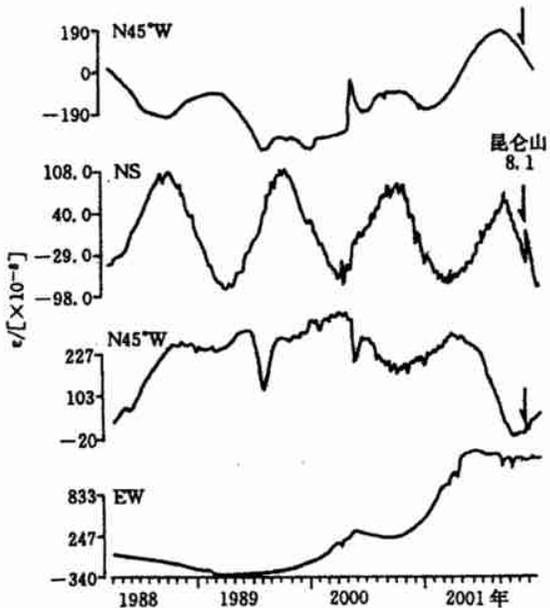


图5 高台台钻孔应变日值曲线  
Fig. 5 Diurnal mean values of borehole strain in Gaotai station.

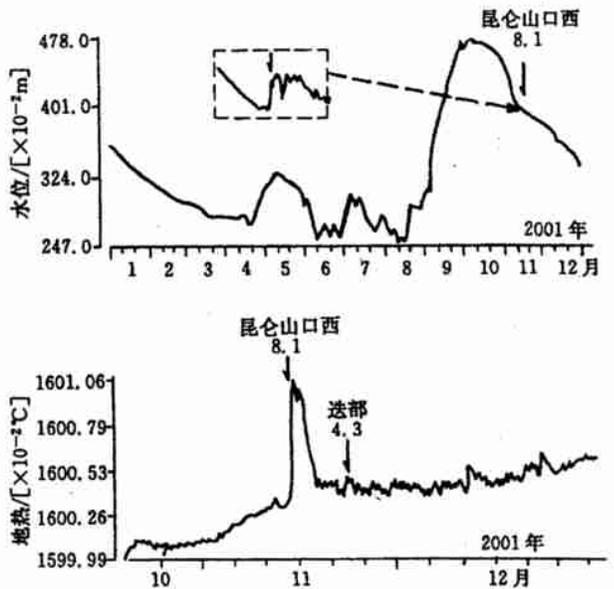


图6 武都台水位日均值和地热整点值曲线  
Fig. 6 Diurnal mean values of water level and hourly values of geotherm in Wudu station.

地热在地震时出现了同震突跳变化(图 6), 地震发生后测值突跳上升. 地热的这种同震突跳变化的机理还不清楚, 但这个变化却是客观存在的.

### 3 讨论与结论

如上所述, 在震前整个南北地震带大范围内的应变台存在着较一致的应力状态(图 7); 在南北向、北西方向上 4 个台都受到张应力的作用, 合力在 NNW 方向; 武都、高台台在 SW-NE 都存在着挤压力, 反映着印度板块向北东方向挤压的结果. 中国西部区域应力场受着这些主要因素控制和调制, 所以上述 4 个台的应变受力探头在 2001 年有着较一致的应变状态, 且与昆仑山口西 8.1 级地震破裂过程的力学状态相对应. 当多台应变测量探头受力在一定时期大范围内趋一致, 和应变有长趋势异常背景的情况下出现持续张应力急速加剧的情况时, 应该注意大震的发生.

上述 4 个台使用的压容应变仪都能记录到固体潮, 物理基础牢固, 测值是地下应力变化的直接证据, 故反映的异常较可靠. 建议今后投入力量研制升级井下应变观测系统, 多布点, 争取对未来地震的短临预报有所突破.

从这次昆仑山口西 8.1 级大地震还可以看出, 武都台地温、水位前兆反映也很好, 说明武都的确是一个地震反映的敏感点, 多种手段震前都有较好的前兆出现. 因此建议在武都应力站再打一口 200 m 以上的多用途深井, 底部固结已正规化的体积式应变仪探头、底面上吊放地热仪探头、水位探头等, 可作到一井多用, 把武都应变台建成一个井下潮汐、应变、倾斜、流体观测的综合台.

#### [参考文献]

[1] 陈文彬, 徐锡伟, 等. 2001 年 11 月 14 日青新交界  $M_s8.1$  地震地表破裂带的初步调查[J]. 西北地震学报, 2001, 23(4): 313-317

## RELATIONSHIP BETWEEN THE STRAIN DATA CHANGE FROM SOME STATIONS IN GANSU AND SICHUAN PROVINCES AND WEST TO KUNLUN MOUNTAIN PASS $M_s8.1$ EARTHQUAKE

GAO Yuan, PU Xiao-wu, CHEN Yan-ping, LI Ling-fei, HAN Ying, WANG Jin-yan  
(*Seismological Center Station of Wudu, Gansu Wudu 746000, China*)

**Abstract:** It is found that an uniform stress field is exists in west of China by analysising the data of borehole strain from Wudu, Gaotai stations in Gansu province and Panzhihua, Xichang stations in Sichuan province, and the stress field is consistent to the mechanical charactor of deformation belt of west to Kunlun Mountain Pass  $M_s8.1$  earthquake on Nov. 14, 2001. All the strain data in 4 stations show the obvious short-term anomaly before the 8.1 earthquake.

**Key words:** West to Kunlun Mountain Pass  $M_s8.1$  earthquake; Uniform stress field; Strain anomaly

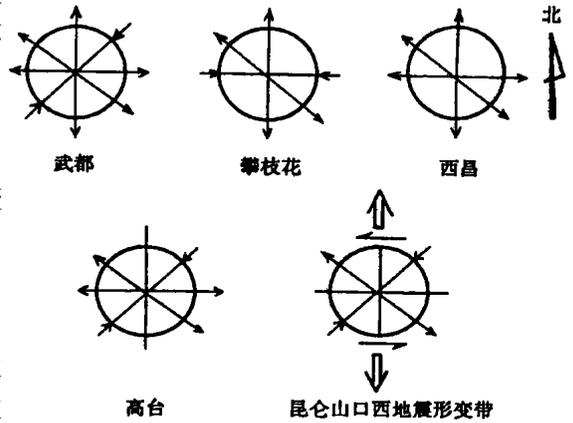


图 7 昆仑山口西 8.1 级地震时形变带和四个台的受力状态

Fig.7 The stress-strain states on the deformation belt and 4 strain stations at the 8.1 earthquake.