第10卷 第4期 西北地震学报 Vol.10,No.4
1988年12月 NORTHWESTERN SEISMOLOGICAL JOURNAL Dce.,1988

# 门源地震的地应力前兆现象研究

## 1.引言

在1986年8月26日门源6.4级地震前和1984年元月6日武威5.3级地震前，刘家峡地应力站记录到了较明显的前兆异常。但是两次地震前的地应力前兆特征有很大差异。本文介绍了门源地震前的地应力前兆特征，并对产生地应力前兆差异的原因作了初步探讨。

## 2.门源地震前的地应力前兆

门源地震的地应力前兆现象是否存在，是个有争议的问题。经过对地应力资料的深入分析，我们认为，门源地震的前兆现象是明显的。

为了从不同角度考察和判断，我们采用不同方法对观测资料进行处理。其一是，将1982年以来观测的电感旬均值和月均值换算成相应的瞬时应力状态，并作光滑处理，其结果见图1（“瞬时应力状态”指某时段的最大主应力$\sigma_1$、最小主应力$\sigma_2$和最大主应力方向$\psi$）。这种应力状态在岩石中以弹性形式存在。图1中还标有距刘家峡站400km范围内的5.0级以上地震。由图可见，瞬时应力旬均值曲线围绕着月均值曲线波动，当前者频繁偏离后者时，则观测站附近地震较多，而且偏离较大即对应的地震大；如果月均值曲线偏离多年平均线，即对应中强地震。由图1可见，对于距观测站400km范围内的地震，刘家峡站都能记录到明显的前兆信息。

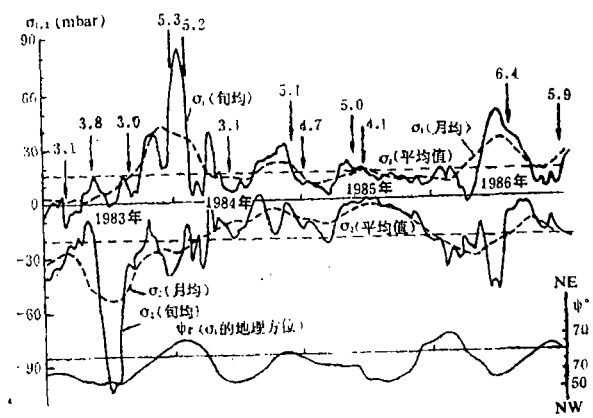


图1 刘家峡地应力站观测的主应力变化曲线

另外，我们还计算了各应力站自建站以来的累积应力状态，见图2。图2表明，各观测站的应力变化都有明显的趋势，这种趋势可能是一种区域应力变化背景或者可能是大地震的前兆信息。无论何种可能，若以这种趋势为背景，那么偏离背景的部分可认为是地震的前兆信息。由图2可见，甘肃东部地应力台网的六个观测站均记录到了本区及邻区近年所发生的中强地震的前兆信息，但是，其前兆信息不如图1中的清晰可辨。因震中距不同，各站地应力异常幅度也不同（见附表）。台站与地震位置见图3。

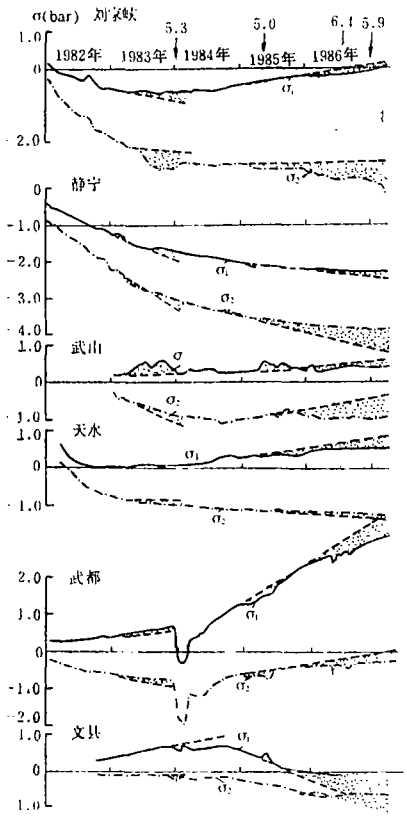


图2 甘肃东部地应力台站多年观测的主应力变化曲线

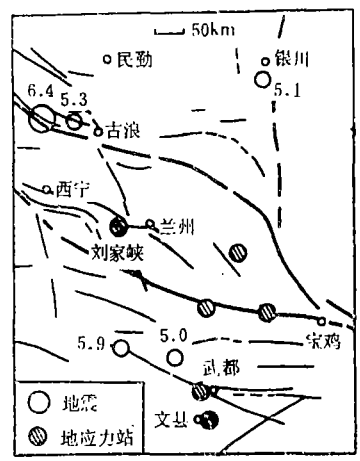


图3 甘肃东部地应力台站、地质构造及5.0级以上地震分布图

参照郭增建等提出的统计公式$M_s=2.1\log L+3.3$，我们导出了地应力前兆异常幅度、震中距与未来地震强度的关系式，即

$$M_s=2.1\log r+2.1\log|\Sigma\sigma|+1.4 \qquad (1)$$

式中r为震中距，以km计；$\Sigma\sigma$为地应力前兆异常幅度和，单位为bar。

附表中列出了发生在台网附近的地震及其地应力前兆情况，以及利用（1）式所估算的震级。结果表明，估算的震级和实际的震级都很接近。

**3.门源地震与武威地震的前兆差异**

由图1、图2和附表可见，虽然武威地震震级比门源地震小，其地应力前兆异常幅度却较大。另外，武威地震前还观测到长达20天左右的明显的临震异常现象，而门源地震的临震异常现象却不明显。经考察，造成这种差异的原因可能有下列三种：

（1）构造背景与台网分布的关系

武威地震发生在NWW向的祁连山北缘断裂与NNW向的河西系中规模最大的武威至岷县、宕昌间的构造带的复合部位，而刘家峡地应力站就位于NNW向的构造带之上。门源地震则发生于NWW向的冷龙岭断裂带与NE向的皇城断裂的复合部位，此两构造均距台站甚远（图3）。这可能是造成前兆差异的重要原因。

（2）孕震的构造应力场背景

由图2可见，1984年中后期，地应力台网观测到甘肃东部构造应力场的明显变化。

**四次地震前甘肃各地应力台站前兆异常幅度一览表**

| 地点 | 项目 \ 台站 | 刘家峡 | 静宁 | 武山 | 天水 | 武都 | 文县 | $\overline{Mg}$ | Ms |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1984.1.6 武威 Ms=5.3 | r(km) | 204 | 363 | 408 | 453 | 516 | 561 | | |
| | $\sigma_1$(巴) | 0.001 | 0.322 | 0.366 | 0.200 | 0.174 | -0.039 | | |
| | $\sigma_2$(巴) | -0.748 | 0.088 | 0.005 | 0.015 | 0.093 | -0.114 | | |
| | $\Sigma\sigma$(巴) | -0.747 | 0.410 | 0.371 | 0.215 | 0.267 | -0.153 | | |
| | 估算Mg | 5.8 | 6.0 | 6.0 | 5.6 | 5.9 | 5.5 | 5.9 | 5.3 |
| 1985.6.24 宕昌 Ms=5.0 | r(km) | 212 | 202 | 85 | 144 | 88 | 125 | | |
| | $\sigma_1$(巴) | -0.175 | -0.050 | 0.300 | -0.050 | -0.250 | 0.300 | | |
| | $\sigma_2$(巴) | -0.185 | -0.150 | 0.020 | -0.090 | -0.375 | 0.050 | | |
| | $\Sigma\sigma$(巴) | -0.360 | -0.200 | 0.320 | -0.140 | -0.625 | 0.350 | | |
| | 估算Mg | 5.4 | 4.8 | 4.4 | 4.2 | 5.6 | 4.9 | 4.8 | 5.0 |
| 1986.8.26 门源 Ms=6.4 | r(km) | 256 | 444 | 452 | 522 | 578 | 609 | | |
| | $\sigma_1$(巴) | -0.125 | 0.340 | -0.200 | -0.100 | -0.350 | -0.250 | | |
| | $\sigma_2$(巴) | -0.550 | 0.200 | -0.380 | -0.200 | -0.200 | -0.550 | | |
| | $\Sigma\sigma$(巴) | -0.675 | 0.540 | -0.580 | -0.300 | -0.550 | -0.800 | | |
| | 估算Mg | 6.1 | 6.4 | 6.5 | 6.0 | 6.7 | 7.0 | 6.5 | 6.4 |
| 1987.1.8 迭部 Ms=5.9 | r(km) | 210 | 280 | 164 | 250 | 170 | 182 | | |
| | $\sigma_1$(巴) | -0.125 | 0.300 | -0.300 | -0.140 | -0.250 | -0.150 | | |
| | $\sigma_2$(巴) | -0.625 | 0.425 | -0.550 | -0.280 | -0.500 | -0.750 | | |
| | $\Sigma\sigma$(巴) | -0.750 | 0.725 | -0.850 | -0.420 | -0.750 | -0.900 | | |
| | 估算Mg | 6.0 | 6.3 | 5.9 | 5.7 | 5.9 | 6.1 | 6.0 | 5.9 |

变化的特点是：武都和文县两站的资料表明，武都弧形构造的活动加强了；处于北纬35°线附近的武山和天水两站的资料则反映秦岭北缘断裂带的横向活动加强了；静宁和刘家峡两站的资料说明，作用于该区的边界力加强了，并以东西向边界力的加强为主。应力场的这种变化可得到流动重力和流动水准等观测资料的佐证。门源地震就是在地壳应力场有所变化的背景下孕育并发生的。这可能也是造成前兆差异的原因之一。

（3）地应力前兆异常的重迭现象

时间上相近的地震，其应力场必然会产生相互干扰，或相互重叠，或相互削弱，使得前兆信息发生变化，从而造成假象。这种现象在地震活动高潮期间可能会经常见到，并将给前兆现象的分析造成困难，对此应予重视。

**4.结语**

上述分析和讨论表明，门源地震前的地应力前兆现象是明显的，甘肃东部地应力台网对

于一定区域内发生的$M_S \geqslant 5.0$级地震具有良好的监测能力。

（本文1987年6月11日收到）

（国家地震局兰州地震研究所 郑文卿 王慧玉 张淑兰）

# THE PRECURSORY ANOMALIES OF THE EARTH STRESS BEFORE THE MENYUAN EARTHQUAKE

Zheng Wenqing, Wang Huiyu, Zhang Shulan
(*The Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB*)