

大同一阳高 6.1 级地震前 山西地应力异常变化的分析

赵英敏

(山西省地震局)

摘 要

本文根据山西长治和代县地应力站的观测资料,深入分析了大同一阳高 6.1 级地震前地应力异常变化特征。地震前地应力的变化不仅有趋势异常,而且还有明显的短期和临震异常显示。其异常变化的总趋势是:下降—持平—回升。根据地应力异常变化,作者曾作了较准确的短期预报。

关键词:大同一阳高地震;地应力;地震前兆

1989年10月18日22时在大同一阳高地区发生了5.7级地震,19日01时又发生了6.1级地震。震中位置为北纬 $39^{\circ}57'$,东经 $113^{\circ}50'$ 。其发震构造为位于祁、吕、贺兰山字型东翼反射弧部位的六棱山山前断裂。地震前距震中约400km的长治地应力观测台和距震中约150km的代县地应力观测台,观测到了明显的地应力异常变化,长治台的临震异常也很明显,据此,作者曾在震前作了较准确的短期预报。本文介绍了上述两个台的地应力异常特征及预报情况。

一、台站概况

山西省现有4个地应力观测台站,即长治台、代县台、太原台和昔阳台。这些台站均位于山西断陷盆地的边缘断裂带上和活动断裂的附近。

长治台位于沁水盆地东南缘,太行山大背斜西侧的晋城—获鹿大断裂带上;代县台位于五台山隆起的西南缘,忻定盆地的北缘,北东向的五台山断裂带从其附近通过。这两个台站的钻孔岩性条件是:前者为奥陶系灰岩;后者为太古代花岗片麻岩,为深变质岩系。自七十年代建站以来,上述两个台站的资料连续、可靠,均无年变化,对台站近区和与台站同属于一构造体系或构造带上的中、强地震反映较好。

二、震前地应力异常变化特征

大同一阳高地震前,山西境内的4个地应力站均观测到了不同程度的异常变化,特别是长治台和代县台更为明显。

1. 长治台地应力变化

在大同一阳高地震前,该台地应力变化不仅显示了清楚的趋势异常,而且 $N60^{\circ}E$ 和

NS向元件测值还出现了明显的短期异常和临震突跳异常。其中N60°E方向元件异常幅度最大,达1950uH,其异常时间也最长,达8个月。

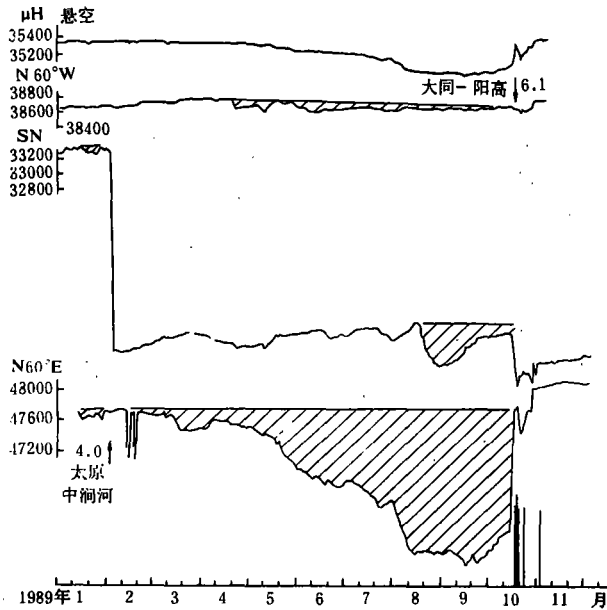


图1 1989年长治台地应力日均值曲线

Fig. 1 Curve of daily mean value of crust stress at Changzhi station in 1989

幅度较小而已。8月18日—31日测值缓慢下降,9月1日—15日回升(图1)。

N60°W元件的测值也出现了明显的趋势异常,但其异常幅度小,异常时间也最短(图1)。

(2) 短期异常

N60°E元件的应力曲线自9月24日至10月15日逐渐回升,这可能意味着某些地段的岩石由弹性转入非弹性状态(图1)。

(3) 临震异常

在震前两天,即1989年10月16日N60°E元件应力测值突然上升,出现了大幅度突跳变化,16日18时与14时相比较,应力测值快速衰减为 $-7.999 \times 98.0665 \text{ kPa}$,其衰减已超过了9月23日的总积累值。突跳后53小时即发生了大同—阳高5.7和6.1级地震(图1)。

在震前两天,即1989年10月16日NS向元件测值突然出现大幅度下降,16日18时测值与14时测值相比,显示了应力的快速积累,量值达 $2.654 \times 98.0665 \text{ kPa}$,17日测值继续下降,与N60°E元件相同,在突跳异常发生后53小时发生了大同—阳高两次地震。

地震发生后,于10月20日N60°E方向元件应力值又以 $1.511 \times 98.0665 \text{ kPa}$ 的幅度衰减,时隔3天,于23日在大同—阳高又发生了5.2级强余震。10月28日该方向元件应力值再次衰减为 $-2.212 \times 98.0665 \text{ kPa}$,同时N60°W方向元件也出现了大幅度变化,时隔

(1) 趋势异常

由图1可见,N60°E元件自1989年2月7日至8月2日处于受压状态,其观测曲线缓慢持续下降,8月2日—14日下降速率加快,12天内应力累积量值达 $2.949 \times 98.0665 \text{ kPa}$,8月15日—9月23日曲线处于平稳状态,为应力缓慢积累阶段。在应力积累过程中(2月7日—9月23日)总应力值累积达 $7.512 \times 98.0665 \text{ kPa}$ 。

NS向元件测值自1989年2月3日开始下降(可能是太原中涧河4级地震的临震异常),其后经历了4次起伏变化,表明该元件处于不稳定状态,但最后一次起伏与N60°E方向元件的图象相吻合,只是异常

5天,于11月2日在宁夏固原发生了5.1级地震,详见表1。

表1 长治地应力临震异常表

异常日期	元件方向	异常幅度(μH)	率定	相对位移折算值(kg/cm^2)	最大主应力方向	地震			主应力大小	
						时间	地点	震级	σ_1 或 σ_2 (kg/cm^2)	
1989年 10月16日 14时-18时	N60°E	-2170	271.3	-7.999	N17° 39°W	10月18日	大同 —阳高	5.7	4.863	-7.103
	NS	720	125.0	5.760		10月19日		6.1		
	N60°W	0	376.8	0		5.0		5.6		
1989年 10月20日 06时-10时	N60°E	-410	271.3	-1.511	N16° 14°W	10月23日	大同 —阳高	5.2	0.701	-1.459
	NS	120	125.0	0.960						
	N60°W	-70	376.8	-0.186						
1989年 10月28日 14时-18时	N60°E	-600	271.3	-2.212	N24° 46°W	11月2日	宁夏 固原	5.1	-0.522	-2.408
	NS	-20	125.0	-0.16						
	N60°W	-210	376.8	-0.557						

2. 代县台浅孔应力变化

图2给出了该台N10°W元件1989年日均值曲线。由图2可见,自1989年1月至4月,曲线变化对应了一次4级地震和三次3级以上的地震,它们的异常的共同特点是在曲线上出现一个“凹兜”形异常,在曲线回升后发震。大同一阳高6.1级地震异常是从5月份开始的,5月1日至8月5日曲线呈现了阶梯状下降趋势,8月底以后又呈阶梯状回升,在震前形成一完整的“凹兜”形异常,而且其异常幅度更大(图2),似有随震级的增大,异常幅度加大的特点。

自1989年1月至4月初,N70°W元件测值变化情况与长治台N60°W元件相同。大同一阳高6.1级地震前的异常自4月5日开始至6月1日,观测曲线呈阶梯状下降,6月19日开始回升,在曲线回升过程中发震(图2)。

三、震前预报情况

目前我们所采用的预报方法仍然是图象类比法,其关键在于对异常图象的正确识别。

图3给出的1987年长治台N60°E方向元件地应力日均值曲线显示,在这一年内出现了两次异常,对应了两次4级以上的地震,其应力值最大变化幅度为 3.686×98 。

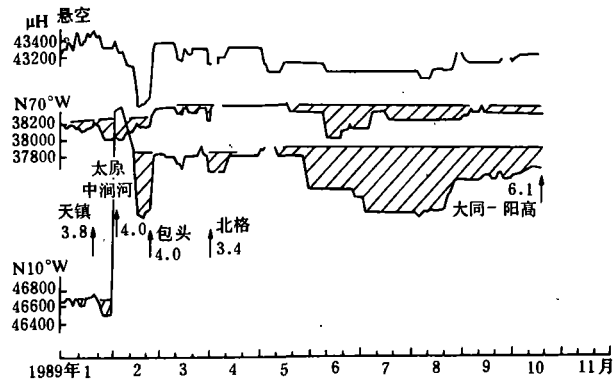


图2 1989年代县浅孔地应力日均值曲线

Fig. 2 Curve of daily mean value in shallow drilling hole at Daixian station in 1989

0665kPa。1988 年的与一次 4 级以上地震对应的异常, 其应力值最大变化幅度为 3.096×98.0665 kPa(图 4)。1989 年 7 月该元件测值显示的应力积累量值已达 4.792×98.0665 kPa, 高于前两年的异常变化幅度(图 1)。所以我们认为该异常可能是 5 级以上地震的异常。

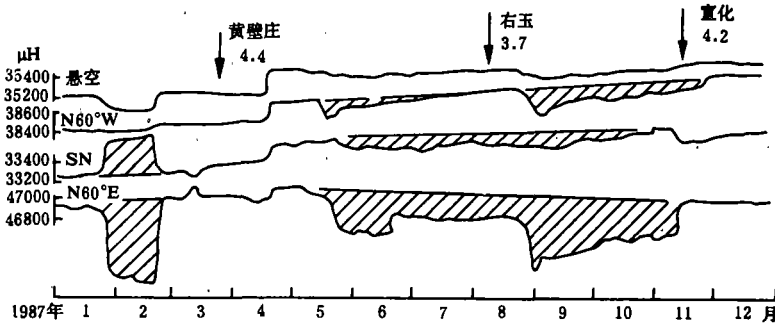


图 3 1987 年长治地应力日均值曲线

Fig. 3 Curve of daily mean value of crust stress at Changzhi station in 1987

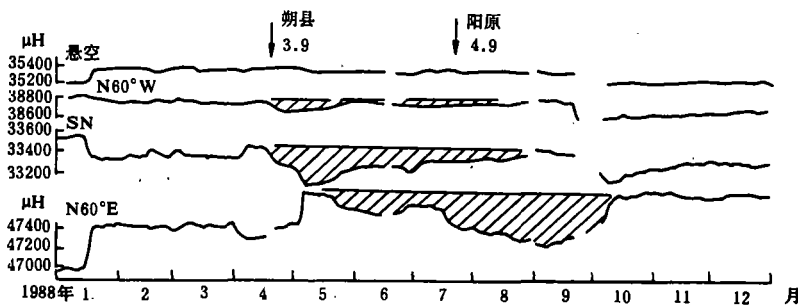


图 4 1988 年长治地应力日均值曲线

Fig. 4 Curve of daily mean value of crust stress at Changzhi station in 1988

根据长期对观测资料的分析, 地震前地应力异常的完整形态应该呈现下降(受压)—持平—回升(受张)三个阶段。根据对长治台 N60°E 元件的日均值曲线图的分析, 自 2 月 7 日至 8 月 14 日测值下降, 8 月 15 日—9 月 23 日持平, 那么测值回升过程持续的时间也应该与下降段持续的时间大致相同, 因而估计发震时间应在 1990 年初。实际地震发生时间提前了。

根据对长治台三个受力元件测值的变化幅度分析, 以 N60°E 元件测值变化幅度最大, NS 元件次之, N60°W 元件变化幅度最小(图 1), 故认为这一异常变化所对应的地震应该在长治台的北东方向。另据对 1987—1989 年 3 级以上地震活动情况分析, 1987 年 3 级以上地震主要发生在太原盆地、临汾盆地和运城盆地, 而忻州盆地和大同盆地未发生大于 3 级的地震, 形成了明显的地震空区(图 5)。1988 年 3 级地震活动向北迁移, 大同附近地震增多, 7 月 23 日在山西、河北交界处的阳原地区发生了 4.9 级地震(图 6)。这些情况表明

大同盆地可能是未来大震的发震地点。因而我们判断未来较大地震将发生在晋北活动断裂带上。

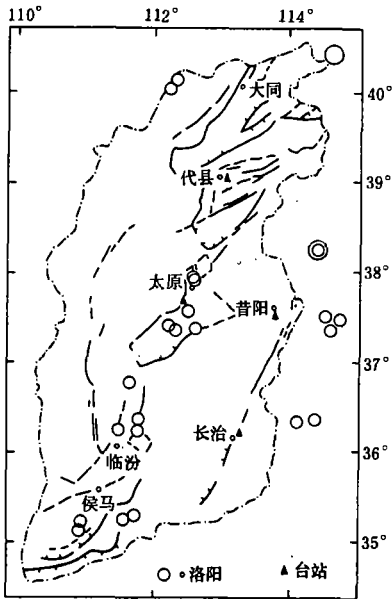


图5 山西省1987年 $M_L \geq 3$ 地震分布图
Fig. 5 Distribution of earthquakes ($M_L \geq 3$) of 1987 in Shanxi Province

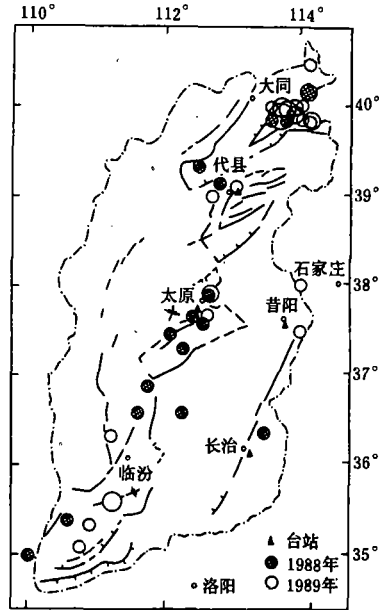


图6 山西省1988—1989年 $M_L \geq 3$ 地震分布图
Fig. 6 Distribution of earthquakes ($M_L \geq 3$) from 1988 to 1989 in Shanxi Province

1989年9月底,我们提交了1987—1989年震例分析及1990年震情趋势意见。用公式

$$M = 0.571gt_0 \cdot h + 2.6$$

取异常时间 t_0 自1989年2月7日—8月14日,共188天,取异常幅度 h 为1950uH,计算出 $M=5.77$ 。

长治台地应力日均值曲线还清楚地反映了地震前应力场变化的状态。震前由于应力场逐渐加强,电感曲线呈现缓慢下降,当应力场加强到一定程度时,岩石开始破裂,应力随之重新调整、平衡,所以至9月份曲线呈缓慢上升。由于应力场的持续作用,于1989年10月16日岩石突然破裂,即16日14时—18时出现了 $N60^\circ E$ 方向元件电感值突然上升,应力快速衰减,幅度达 $-7.999 \times 98.0665 \text{ kPa}$,这时为应力大释放阶段,53小时后发生了大同—阳高地震。

另外从表1不难看出,10月28日长治台 $N60^\circ E$ 方向元件所测应力值虽然衰减为 $-2.212 \times 98.0665 \text{ kPa}$,但与10月16日衰减量值 $-7.999 \times 98.0665 \text{ kPa}$ 相比较却小得多,而 $N60^\circ W$ 方向元件测值变化要大得多,而且10月18日大同—阳高地震前 $N60^\circ W$ 方向元件并无变化,但在28日其测值却突然出现应力值衰减达 $-0.557 \times 98.0665 \text{ kPa}$ 的变化,表明 $N60^\circ W$ 方向元件测值的变化不是大同地震的反映,估计地震有西迁的趋势。果然11月

2日在宁夏固原发生了5.1级地震(图1),证实了上述判断的正确性。

四、结束语

在大同一阳高地震前,根据前述地应力观测曲线的变化特征,我们曾提出过不同程度的预报意见,综合意见是:“1990年初在长治台北东方向的晋北活动断裂带上可能发生5.7级地震”。这一预报意见已基本上为大同一阳高地震的发生所证实。在预报的三要素中,地点和震级的预报较准确,只是时间要素稍有出入。对于时间的预报主要是根据异常的发展趋势估测的,但由于地震前的临震突跳异常幅度大,表明能量释放迅速,从而发震时间提前了。

事实表明,根据地应力电感曲线的变化来进行地震预报的方法是可行的。地震前电感曲线的变化一般呈现下降—持平—回升的过程,这一过程明显地反映了应力积累—释放的过程。异常时间和异常幅度与震级呈正相关,一般情况下异常时间越长,地震震级越大;异常幅度越大,震级也越大。

(本文1992年5月23日收到)

参考文献

[1]国家地震局科技监测司,地震预报方法实用化研究文集,地震出版社,1991.

ANALYSIS ON CRUST STRESS CHANGE BEFORE THE DATONG—YANGGAO Ms6.1 EARTHQUAKE, SHANXI PROVINCE

Zhao Yingmin

(*Seismological Bureau of Shanxi Province, Taiyuan, China*)

Abstract

This paper deals with the anomalous features of crust stress change, based on the data observed at Changzhi and Daixian crust stress stations in Shanxi province before the Datong-Yanggao Ms6.1 earthquake. There are not only tendency anomalies, but also short term imminent anomalies. The general tendency is: decline—unbiased—rising. The author made a more accurate short-term prediction before the earthquake, based on the anomalous change of crust stress.