

宁强 5.7 级地震前陕西定点形变的异常现象

柯昌安¹, 牛安福², 李正媛², 窦玛丽¹, 李晓妮¹

(1. 陕西省地震局, 陕西 西安 710068; 2. 中国地震台网中心, 北京 100045)

摘要:2008年5月27日宁强 5.7 级地震是陕西省近 304 年以来最大的一次地震。临震前 7 天安康、宝鸡、宁陕和西安台的垂直摆、水管仪和伸缩仪资料出现了短临异常现象, 异常形态趋势转折, 持续时间 2~7 天。异常区域在两个纬向断裂带之间, 即略阳—洋县、竹山断裂以北, 渭河断裂以南, 震中距 230~340 km。

关键词: 宁强地震; 定点形变; 短临异常; 震源机制

中图分类号: P315.725

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2011)02-0177-05

Anomaly Phenomenon of Pointing Deformation in Shaanxi Province before Ningqiang $M_s5.7$ Earthquake

KE Chang-an¹, NIU An-fu², LI Zheng-yuan², DOU Ma-li¹, LI Xiao-ni¹

(1. Earthquake Administration of Shanxi Province, Xi'an 710068, China;

2. China Seismic Network Center, Beijing 100045, China)

Abstract: Ningqiang $M_s5.7$ Earthquake on May 27, 2008, was the largest one in nearly 304 years in Shaanxi province. Seven days before the earthquake, the data of vertical pendulum, plumbing instrument and extensometer all showed short-term anomalies at Ankang, Baoji, Ningshan and Xi'an stations. The trend of abnormal shape turned point in 2~7 days. Abnormal region lies between two fault belts, which are Lueyang—Yangxian fault and Zhushan fault in south, and Weihe fault in north. The epicenter distances 230~340 km.

Key words: Ningqiang earthquake; Pointing deformation; Short-term anomalies; Focal mechanism

0 引言

汶川地震是我国历史上损失最为惨重的地震之一, 许多学者对其孕育与发展过程进行了较深入的研究^[1-8], 但仍有许多前兆现象值得探讨。汶川地震前陕西地形变观测未出现短期异常, 而在一些较大余震前, 特别是宁强 5.7 级强余震前短期异常反而显著。这是一个很有意义的前兆现象。由于对地震孕育过程认识有限, 本文主要揭示宁强 5.7 级地震期间, 陕西形变短期异常分布特征, 以及与宁强 5.7 级地震的可能关系。

1 台站概况

陕西有 6 个数字化形变台站, 分布在关中地区

和陕南。关中地区位于鄂尔多斯块体南缘, 有固关—功县断裂、秦岭北麓断裂、渭河断裂、乾县—蒲城断裂等, 地质结构非常复杂^[9]。1556 年 2 月 2 日发生过华县 8 级地震。陕南地处大巴山脉, 主要有略阳—洋县断裂和竹山断裂, 788 年 3 月 12 日发生过安康 6.5 级地震。台站概况见表 1, 台站分布见图 1。

2 异常情况

2.1 宝鸡台水管仪

宝鸡台水管仪在震前 2 天开始出现向西南倾斜的异常现象(图 2), NS 和 NE 向发震后异常结束,

收稿日期: 2010-02-23

基金项目: 国家质检公益性行业科研专项(10-215); 地震公益性行业科研专项(200808033)

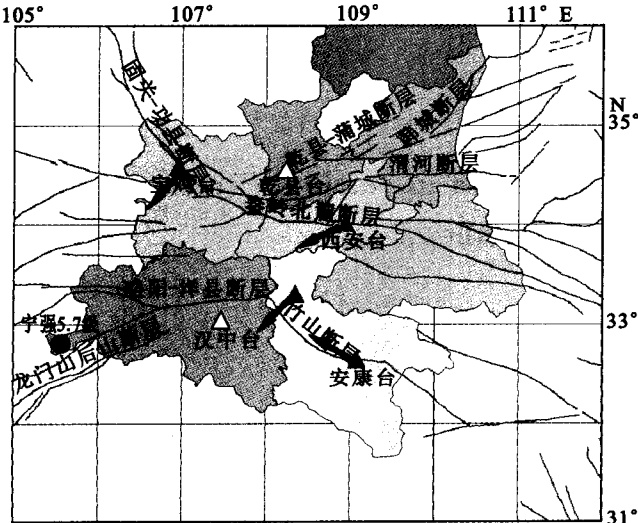
作者简介: 柯昌安(1956—), 男(汉族), 陕西平利人, 高级工程师, 长期从事地震监测预报工作。

稳定在新的平衡位置,漂移速率和方向恢复到异常前的情况;EW 向震后 3 天异常结束,恢复到原来平衡位置。持续时间:NS=2 天,EW=5 天,NE=2

天;异常幅度:NS=-30 ms,EW=-20 ms,NE=-45 ms。

表 1 陕西省定点形变数字化台站基本概况

台名	纬度	经度	海拔/m	岩性	安装仪器	建台时间
乾县	34.57°	108.22°	885	奥陶系石灰岩	水管仪、伸缩仪、垂直摆、孔应变	1982 年 7 月
西安	34.03°	108.93°	630	片麻状花岗岩	水管仪、伸缩仪、垂直摆、孔应变、重力仪	1972 年 7 月
宝鸡	34.56°	106.98°	760	花岗岩	水管仪、伸缩仪	2007 年 6 月
宁陕	33.33°	108.32°	850	花岗岩	垂直摆、孔应变	1982 年 1 月
安康	32.67°	109.03°	300	花岗岩	垂直摆、孔应变	1982 年 1 月
汉中	33.10°	107.43°	564	志留纪花岗岩	水管仪、伸缩仪、垂直摆	2007 年 6 月



▲有异常台站; △无异常台站; —断层; →地倾斜异常方向

图 1 陕西定点形变台站分布及地倾斜异常方向图
Fig. 1 Distribution of point deformation stations in Shaanxi province and abnormal pattern of ground tilt.

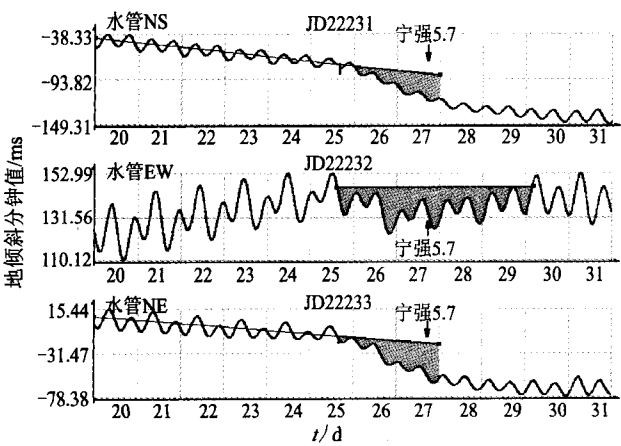


图 2 宝鸡台水管仪异常图象

Fig. 2 Abnormal images of the water meter at Baoji station.

2.2 宝鸡台伸缩仪

宝鸡台伸缩仪在震前 2 天开始出现异常,NS

缩短,EW 伸长,震后恢复正常,稳定在新的平衡位置(图 3)。持续时间 2 天;异常幅度:NS=-1200 × 10⁻¹⁰,EW=780 × 10⁻¹⁰。

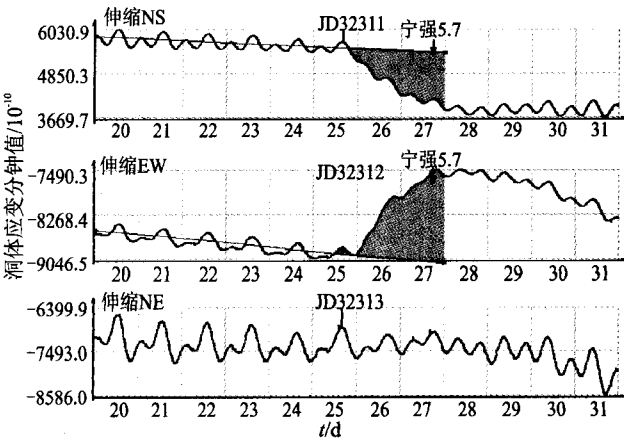


图 3 宝鸡台伸缩仪异常图象

Fig. 3 Abnormal images of the extensimeter at Baoji station.

2.3 安康台垂直摆

安康台垂直摆在震前 4 天开始出现向西北方向倾斜的异常现象(图 4),震后稳定在新的平衡位置,漂移方向和速率恢复到异常前的正常情况。持续时间:NS=3 天,EW=4 天;异常幅度:NS=70 ms,EW=-100 ms。

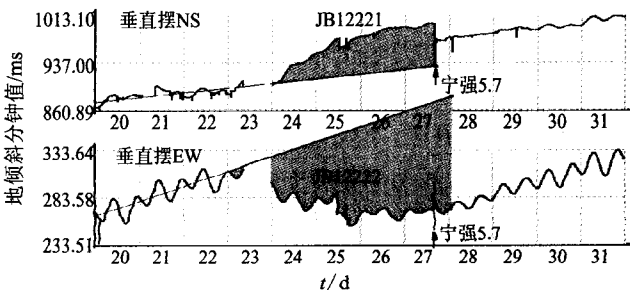


图 4 安康台垂直摆异常图象

Fig. 4 Abnormal images of the vertical pendulum at Ankang station.

2.4 宁陕台垂直摆

宁陕台垂直摆在震前 6 天开始出现向西南方向倾斜的异常现象(图 5),震后稳定在新的平衡位置,漂移方向和速率恢复到异常前的正常情况。持续时间 6 天;异常幅度:NS=−70 ms,EW=−55 ms。

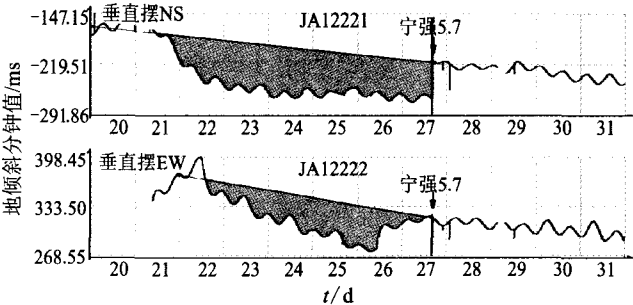


图 5 宁陕台垂直摆异常图象

Fig. 5 Abnormal images of the vertical pendulum at Ningshan station.

2.5 西安台水管仪

西安台水管仪在震前 4 天开始出现向西南方向倾斜的异常现象(图 5),发震 2 天后稳定在新的平衡位置,NS 向倾斜方向发生转折,EW 向保持异常前的倾斜方向。持续时间:NS=6 天,EW=7 天;异

常幅度:NS=−20 ms,EW=90 ms。

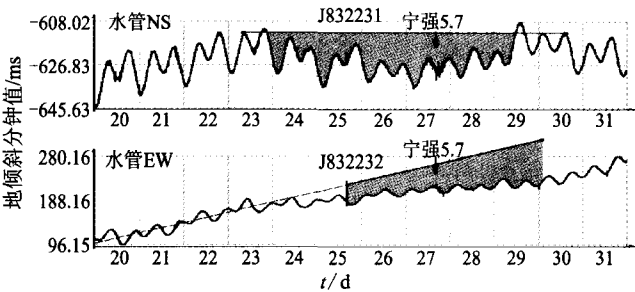


图 6 西安台水管仪异常图象

Fig. 6 Abnormal images of the water meter at Xi'an station.

3 分析讨论

(1) 地倾斜异常方向与震源机制

宁强 5.7 级地震的震源机制解^[10]为:深度=14 km,方位角=352°,倾角=80°,滑动角=−28°。根据宏观考察结果及震源构造断层走向判定主破裂面近乎南北向(N8°W),东为上盘,东西拉张,左旋走滑,上盘向北下倾。

由表 2 和图 1 可见,宝鸡、宁陕和西安台都在秦岭山上,位于震源的 NE 方向(震源上盘),海拔高度

表 2 宁强 5.7 级地震前异常情况统计表(水管仪、垂直摆;ms;伸缩仪:10^{−10})

台名	仪器	分量	异常		异常持续天数 和开始时间	形态	震中距 /km
			幅度/ms,10 ⁻¹⁰	倾向(矢量合)/°			
宝鸡	水管仪	NS	—30	西南 36	2,震前 2 天	南倾速率增大	230
		EW	—20		5,震前 2 天	短期向西倾斜	
		NE	—45		2,震前 2 天	西南倾速率增大	
	伸缩仪	NS	—1 200	2,震前 2 天	短期缩短		
EW		780	2,震前 2 天	短期拉伸			
安康	垂直摆	NS	70	西北 122	3,震前 3 天	短期北倾	320
		EW	—100		4,震前 4 天	短期西倾	
宁陕	垂直摆	NS	—70	西南 89	6,震前 6 天	短期南倾	260
		EW	—55		6,震前 6 天	短期西倾	
西安	水管仪	NS	—20	西南 92	6,震前 3 天	短期南倾	340
		EW	—90		7,震前 4 天	西南倾速率减小	

高于震中 100~300 m。地倾斜异常方向都为 SW,这与震源机制的上盘向北下倾似乎相反,其原因可能是震前应力场受到秦岭山的抵抗,形成两端挤压中间下沉,以至秦岭南麓向 SW 倾斜引起的。

安康台位于震源南 SEE 向,与震源同处大巴山脉,海拔高度低于震中约 200 m,异常倾向 NW,与震源机制基本相同。

(2) 地倾斜异常时间与地理位置

由表 2 和图 1 可见,假如以汉中盆地作为坐标原点,则位于西北的宝鸡台和位于东南的安康台(第 2、4 象限),异常持续时间较短,出现时间较晚,而位

于东北的宁陕和西安台(第 1 象限),异常持续时间较长,出现时间较早。这种现象的成因还有待进一步研究。

(3) 地倾斜异常幅度与震中距

由表 2 可见,震中距由近到远依次为:宝鸡=230 km,宁陕=260 km,安康=320 km,西安=340 km,异常幅度(矢量合)由小到大依次为:宝鸡=36 ms,宁陕=89 ms,西安=92 ms,安康=122 ms。整体表现为震中距越小,异常幅度越小,地形变异常特征这种分布特点与由地震引起的地形变随距离衰减特征有显著的不同^[3,5,7],这是地形变前兆观测今后

需要深入研究的问题。

(4) 洞体应变异常方向性

由表2可见,宝鸡台伸缩仪异常幅度为: NS =

$-1\ 200 \times 10^{-10}$, $EW = 780 \times 10^{-10}$, 表现为南北挤压, 东西拉张, 这与震源机制解是吻合的。

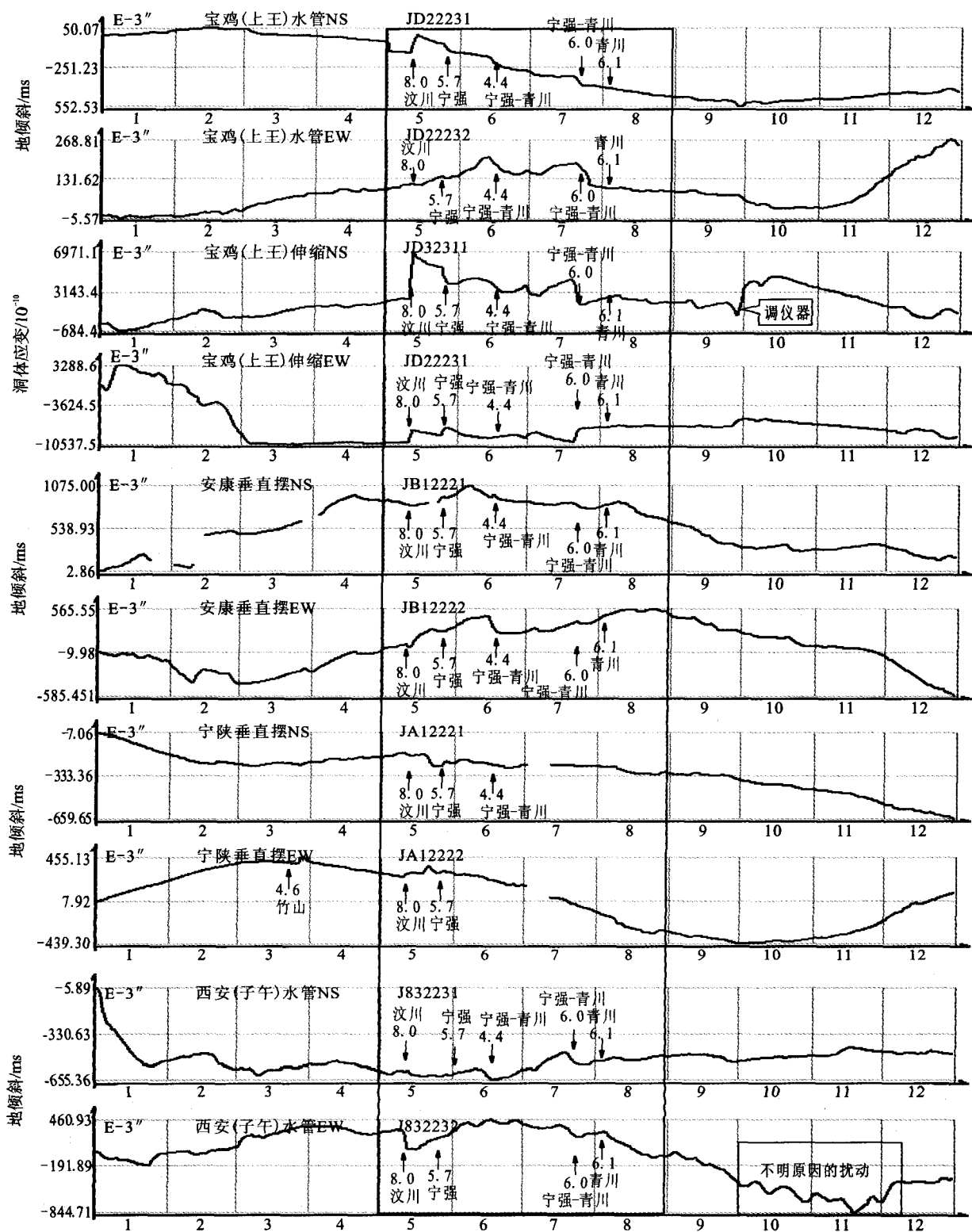


图7 2008年陕西形变资料日均值图

Fig. 7 The daily mean value curves of deformation at 4 stations in 2008.

(5) 汶川 8 级地震前后资料背景

图 7 为上述 4 个台站资料的日均值图。从图中可见,在汶川 8 级地震之前资料变化相对平静;之后极不稳定,地震活动也显著增强,直至 8 月 5 日汶川 6.1 级地震;此后随着汶川余震区 6 级地震的平静,资料变化也相继稳定。平时偶尔也有短期偏离的异常现象,是单个台站的观测环境干扰或局部地下活动引起的,与地震无关。只有多个台站同时出现异常才有可能发生 6 级左右的地震。

4 结论

(1) 汶川地震后陕西出现的形变异常与宁强地震一样,都可能是汶川地震后周边应力调整的结果。汶川地震前在围绕南北地震带的较大区域上都可能处于高应变积累或断层闭锁状态,围绕震中各种形变观测变化量较小,地震活动水平也较低。而汶川地震后高应变积累释放,周边地区更容易发生显著变形,而且形变异常与周边中强地震也具有较好的相关性。

(2) 宁强 5.7 级地震前陕西 6 个形变台站中有 4 个台站出现了临震异常,异常台站占总数的 67%。在 9 套倾斜仪(水管仪、垂直摆)中,4 套仪器出现了临震异常,占总数的 44%;在 4 套伸缩仪中 1 套出现了临震异常,占总数的 25%;4 套孔应变和 1 套重力仪均无异常。可见地倾斜的映震能力最强,其次是洞体应变。

(3) 值得一提的是,在 2008 年 7 月 24 日宁强—青川 6.0 级地震前的 21 日至 25 日,陕西定点形变资料出现与本文雷同的异常现象,两个地震间距 12 km,后者在前者的 NWW 向,震前异常特征、持续时间和台项基本一致。

(4) 汶川 8 级地震前后陕西形变异常特征明显不同:震前短期异常非常少,地震活动也很弱,降雨影响也很小;震后地震活动明显增强,且异常、地震和降雨有一定的吻合性。通过多年的统计对比分析,宝鸡台受降雨影响为 100%;西安台为 80%。降雨期间出现类似的短期偏离。其它台不受降雨影响。在宁强 5.7 级地震期间宝鸡台降雨量为 50 mm,其它台没有降雨。

(5) 宁强 5.7 级地震前形变异常台站分布在 2 个纬向断裂带之间,即略阳—洋县和竹山断裂以北,渭河断裂以南(图 1)。震中距最近的是汉中台(170 km),位于略阳—洋县断裂以南,没有出现异常。同样乾县台位于渭河断裂以北,震中距(310 km)小于安康台(320 km),也未出现异常。这与由地震破裂引起的地形变场分布特征^[7]有显著不同,或许这也是震前未发生破裂前形变分布的一个显著特点^[4,11-12]。

(6) 通过对近 3 年的数字化资料检索结果显示,只有在宁强 5.7、宁强—青川 6.0 和高陵 4.4 级地震期间,60%以上台站出现此类异常现象。其它时间的异常顶多是一两个台站同时出现,很可能是气象因素或局部地下活动引起的。如果多个台站同时出现这类异常,且无大面积的气象突变,则有可能发生 4 级以上的地震。

[参考文献]

- [1] 杨又陵,唐九安.乌什地震台倾斜固体潮观测与震兆异常[J].西北地震学报,2009,31(3):242-247.
- [2] 张晓清,张晓香,秦松涛,等.短期前兆综合异常方法在青藏高原北部地区的应用[J].西北地震学报,2008,30(2):179-183.
- [3] 孙甲宁,温和平,杨晓清.2006 年乌苏 $M_s 5.1$ 地震前后天山地倾斜资料异常分析[J].西北地震学报,2008,30(1):66-70.
- [4] 杨又陵,孙甲宁,高国英,等.新疆地倾斜地震短期异常特征研究[J].西北地震学报,2006,28(1):64-68.
- [5] 牛安福.地倾斜变化的突变性及其与地震关系的研究[J].地震学报,2003,25(4):441-445.
- [6] 牛安福.地壳形变观测与地震前兆一般性问题的讨论[J].国际地震动态,2007,(6):43-48.
- [7] 牛安福,张凌空,同伟,等.汶川地震前南北地震带中北段地形变化特征的研究[J].地震,2009,29(1):100-107.
- [8] 申重阳,李辉,谈洪波.汶川 8.0 级地震同震重力与形变效应模拟[J].大地测量与地球动力学,2008,28(5):6-12.
- [9] 柯昌安,李正媛,窦玛丽,等.泾阳台短水准异常与地震关系研究[J].大地测量与地球动力学,2009,29(3):34-37.
- [10] 中国地震局监测预报司.汶川 8.0 级地震科学研究报告[M].北京:地震出版社,2009:150.
- [11] 王卫东,窦长娥.渭河断陷盆地及邻区 Q 值分布与地震灾害关系的初步研究[J].灾害学,2003,18(3):50-53.
- [12] 王卫东,邹志伟,彭建兵.西安北部地区强震孕育深部背景研究[J].灾害学,2005,20(2):41-43.