

玉门、民乐等地震前跨断层形变异常及与定点前兆观测的相互印证

李瑞莎, 张 希, 唐红涛, 贾 鹏

(中国地震局第二监测中心, 陕西 西安 710054)

摘要:2002年甘肃玉门5.9级、2003年民乐6.1、5.8级及岷县5.2级地震前震区周围十几至二、三百公里范围内观测到一定数量、明显的跨断层短水准形变异常,其异常形态以加速、突跳或尖点突跳为主,具中期背景或短期前兆意义,反映震前断裂出现先逆断增强后松弛的变化过程,在转折松弛时段易发生地震。其异常空间分布、出现时间等与定点前兆异常具有较好的相互印证意义。

关键词:跨断层形变; 定点前兆异常; 短水准流动形变观测; 玉门5.9级地震; 民乐6.1和5.8级地震

中图分类号: P315.725

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2012)04-0388-05

DOI:10.3969/j.issn.1000-0844.2012.04.0388

Cross-Fault Deformation Anomaly and Confirm Each Other with the Fixed-point Precursors Observation before Yumen and Minle Earthquakes

LI Rui-sha, ZHANG Xi, THANG Hong-tao, JIA Peng

(The Second Monitoring and Application Center, CEA, Xi'an 710054, China)

Abstract: A certain number and significant across-fault short leveling deformation anomaly were observed in the source region around a dozen hundred km range before Yumen M_s 5.9 earthquake in 2002, Minle M_s 6.1 and M_s 5.8 earthquakes in 2003 and Minxian M_s 5.2 earthquake in 2003. The main abnormal morphology were acceleration, sudden jump or sharp point sudden jump, with mid-term background or short-term precursors significant. Anomalies reflect that the fault first enhanced inverse then changed to relaxation, earthquakes usually happened when the fault change relaxation. The spatial distribution and occurrence time of anomaly have added and confirmed significance to precursor anomalies of fixed-points.

Key words: Cross-fault deformation; Precursor anomaly of fixed-point; Short leveling mobile deformation observation; Yumen M_s 5.9 earthquake; Minle M_s 6.1 and M_s 5.8 earthquake

0 引言

甘肃及与青、宁、陕交界区是构造活动强烈、强震频发而跨断层短水准流动形变观测资料较为丰富的地区。中国地震局第二监测中心在该区布设了50多处短水准场地,20世纪80年代末起测并基本于每年的3、7和11月观测三期,控制了祁连山—海原—六盘山断裂带及西秦岭构造区(西秦岭北缘断裂、临潭—宕昌断裂等)^[1],2004—2008年曾加密为

两月一期。跨断层流动形变测值时序变化能够直接反映观测场地所控制断层段落的运动变化过程;由各场地形成的网络也具有一定的空间场控制能力,具有数月至1年尺度前兆意义。1995年永登5.8级、2000年景泰5.9级地震前曾观测到显著异常,成功填报预报卡、时空强正确^[1-3]。异常特征主要表现为加速、转折、突跳、阶跃等^[1-6]。

收稿日期:2012-01-11

基金项目:中国地震局星火计划项目(XH12072);2011年度震情跟踪青年课题(2011020207)

作者简介:李瑞莎(1982—),女(汉族),河北人,硕士,工程师,主要从事地壳形变研究与地震预测工作。

我国大陆中强以上尤其强震前中短期一短临阶段,震区及其周围一定范围内或多或少会出现定点前兆台站观测的异常变化^[7-11],手段、测项可能不同(形变^[7-8]、地电^[9-10]、流体^[11]等),时间上可能同步或准同步。不同类观测的物理意义有差异,如地电阻率观测可能对地下介质和结构的非均匀变化反映敏感^[10];流体类观测可能反映震源区岩石变形引起的地层变化、或对地壳应力应变状态的变化有所响应^[12];形变类观测主要反映了与构造活动、地壳运动有关的信息^[1-8]。鉴于震源区及其周边应力集中过程中尤其临震前地壳介质密度、特性结构等的改变以及岩石微破裂或断裂失稳预滑等都可能被同步、准同步地观测到,就会出现多类、群体性异常,不

排除一定的关联性(“同源”)。故定点台站可能观测到地震前兆,而场地空间分布与其接近的跨断层流动形变异常对定点前兆异常则具补充或印证意义。多种异常综合分析对提高异常识别的可信度有利。本文对近十年内监测区发生的 2002 年甘肃玉门 5.9 级、2003 年民乐 6.1 与 5.8 级及岷县 5.2 级(岷县地震震级虽低,却是甘肃东南部自 1987 年迭部 5.8 级、礼县 5.0 级地震后,近二十多年来首次 5 级以上地震)地震前观测到的可能与这些地震有关的跨断层形变异常进行全面总结(以往文献^[1-6]对观测曲线的分析仅涉及民乐震例)。并将其与已发表文献中的定点前兆异常进行综合对比分析。跨断层场地和定点台站异常的分布见图 1。

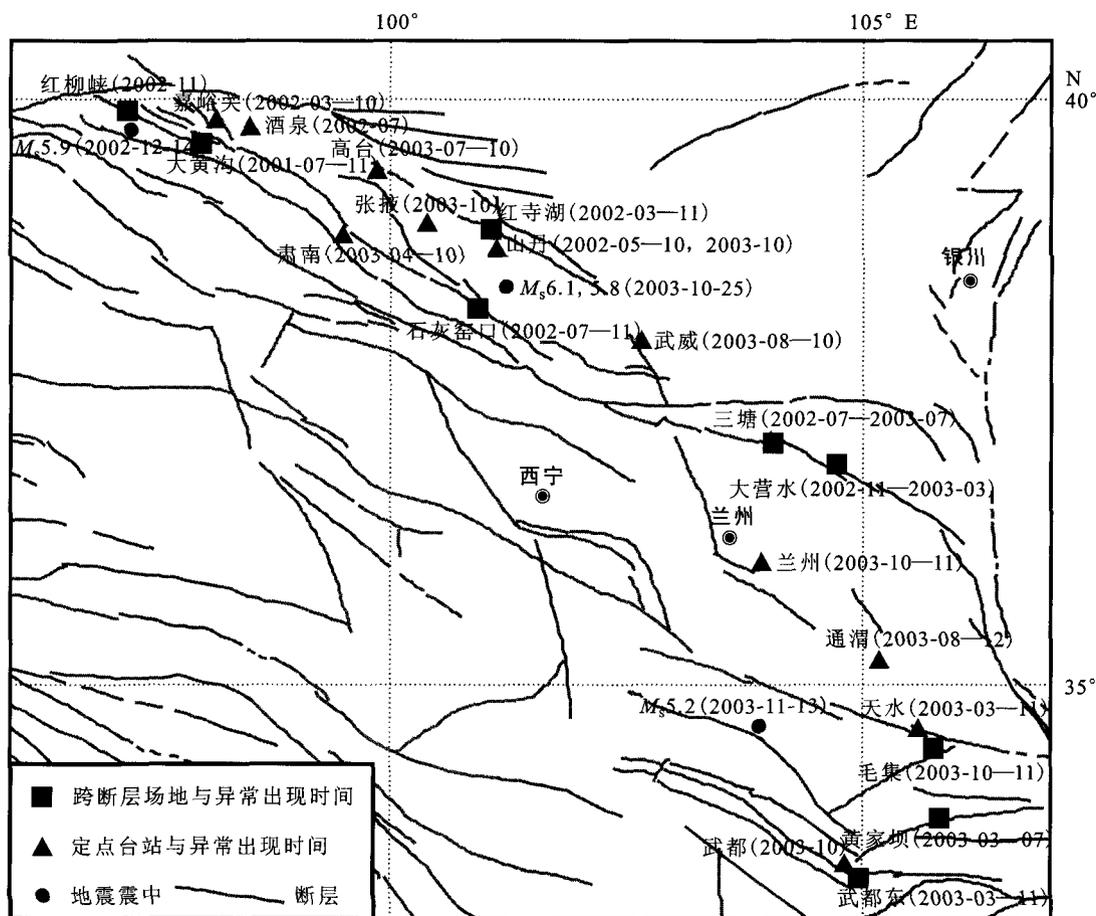


图 1 异常分布图
Fig. 1 Distribution of anomalies.

1 玉门震前跨断层形变等异常分析

2002 年 12 月 14 日甘肃玉门 5.9 级地震前,祁连山断裂带西段的红柳峡、大黄沟跨断层短水准场地出现明显尖点突跳或显著突跳异常,场地图和观测曲线见图 2。主要反映了所在断裂段的逆断活动

减弱,应力松弛。其中红柳峡场地距震中约 18 km,震前数年呈逆断活动背景,震前不到 1 个月出现与以往活动趋势迥异的张性活动,单期活动量为 1.5 mm,反映了断裂周围压性减弱。红柳峡水准场地位于祁连山断裂带西段,基西←基南测段(箭头连接表示该测段跨过断裂,箭头方向为下盘指向上盘)在

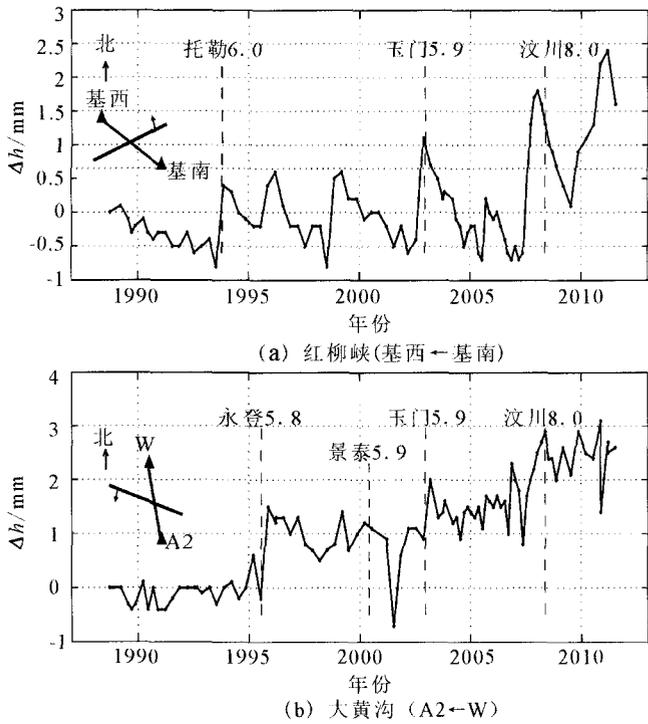


图2 玉门震前祁连山断裂带跨断层短水准异常观测曲线
 Fig. 2 The observation curves of across-fault short leveling anomaly on Qilianshan fault zone before Yumen earthquake.

1993年10月托勒6.0级地震后20天、2002年12月14日玉门5.9级震前的11月15日观测到1.5 mm显著张性活动;1995—1996、1998—1999、2007—2008年初显著张性活动不排除与永登5.8级、景泰5.9级甚至汶川8.0级大震的关系(大区域应力场强化扰动影响)。大黄沟场地地震中距约65 km,异常出现于2001年7—11月,有中期及短临预测意义。异常特征为尖点突跳,反映断裂先逆断增强后松弛。大黄沟水准场地位于祁连山断裂带西段,A2←W测段(跨过断裂)在1995年7月永登5.8级震前4个月、震后4个月尤其后者,2000年6月景泰5.9级震前1年零3个月,2002年12月玉门5.9级震前1年零5个月、震后3个月,2008年5月汶川8.0级大震前一年半出现过不同程度的加速突跳、尖点突跳、阶跃异常变化,反映了断裂在震前或震后存在压性减弱。

玉门5.9级地震前嘉峪关气氛、酒泉水氡均出现破年变异常(图3)^[11],异常时间为2002年3—10月;而嘉峪关地电场有两个测道在玉门地震前出现波形畸变^[13],这些异常出现时间在大黄沟形变异常之后,更具短期意义。异常特征主要表现为破年变的突跳变化,与跨断层形变异常形态有一定程度的相似性。

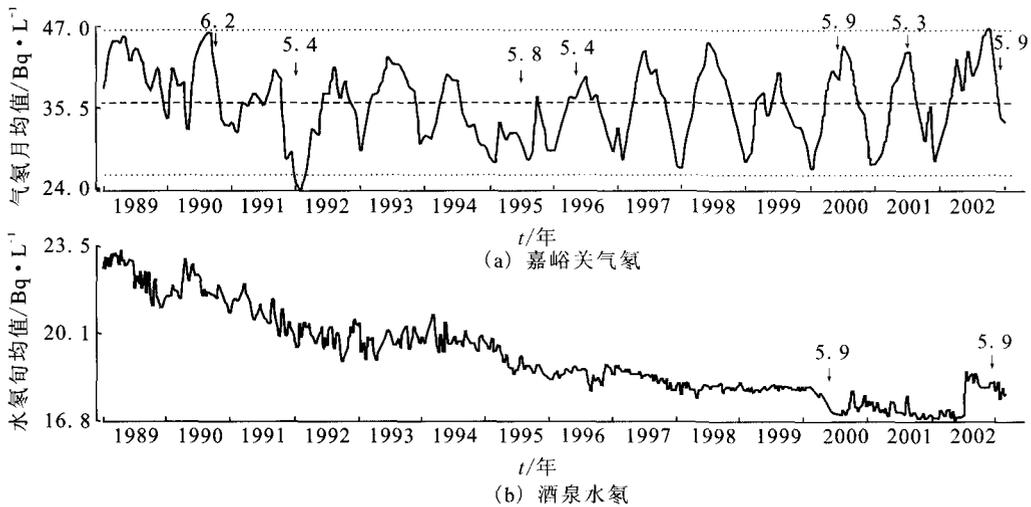


图3 嘉峪关和酒泉台流体化学观测曲线(据文献[11])
 Fig. 3 The observation curves of hydrochemistry at Jiayuguan and Jiuquan stations.

2 民乐震前跨断层形变等异常分析

2003年10月25日甘肃民乐6.1、5.8级地震前,祁连山断裂带及相邻的海原断裂西段的石灰窑口、红寺湖、三塘、大营水这4个跨断层短水准场地出现明显异常。场地图和观测曲线见图4。距震中

最近的场地是石灰窑口,约30 km;最远的是大营水场地,约350 km。主要表现为以往长趋势变化背景下的加速异常,震后恢复或趋势转平,只有红寺湖场地反映扰动型突跳异常。石灰窑口场地位于祁连山断裂带中段,B←水西测段(跨过断裂)在1993年10月托勒6.0级震后出现反向尖点突跳、持续近两年,

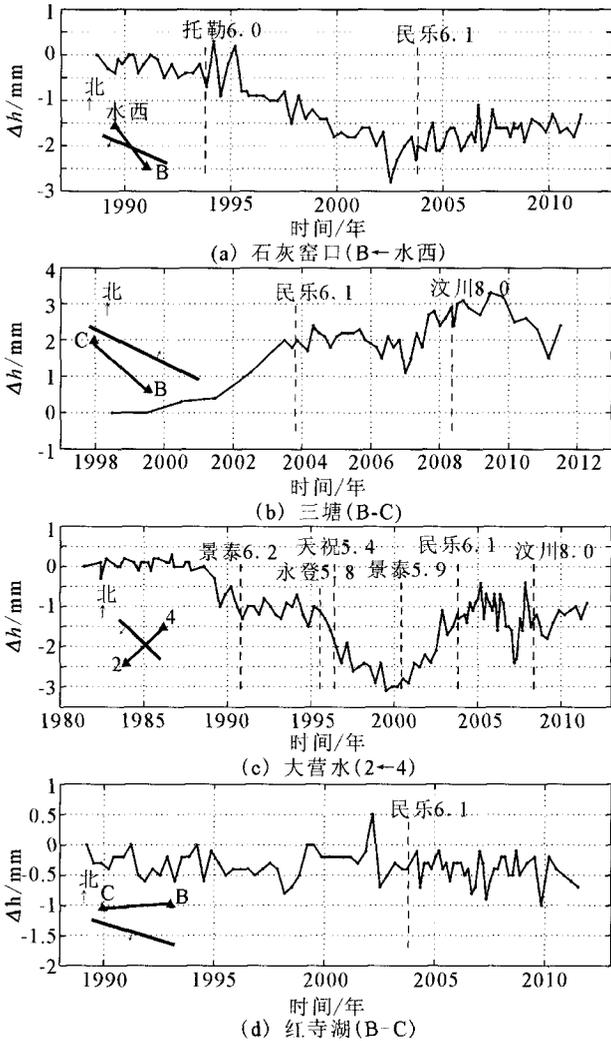


图4 民乐震前祁连山断裂带及海原断裂跨断层短水准异常观测曲线

Fig. 4 The observation curves of across-fault short leveling anomaly on Qilianshan faults zone and Haiyuan fault before Minle earthquake.

反映震后影响,也不排除与1995年永登5.8级地震的关系;2003年10月民乐6.1级震前1年零3个月观测到显著加速—转折异常,之后转平,反映震前断裂出现先逆断增强后松弛现象。三塘场地位于海原断裂西段,B—C测段(短线连接表示测段不跨断裂)2003年10月民乐震前1年零3个月加速上升、震后转平;2007年先下降后加速上升、平稳打破,汶川震后基本转平;近年来总体呈恢复下降的趋势,但速度缓慢。大营水场地位于海原断裂西段,2←4测段(跨过断裂)1990年景泰6.2级震前、1995年永登5.8级震后与1996年天祝5.4级震前加速;2000年景泰5.9级震前趋势转向;2003年民乐震前一年加速突跳张性活动,反映断裂在民乐地震前后出现压

性减弱。位于祁连山断裂带中西段的红寺湖场地(B—C)测段(不跨断裂)2002年3—7月出现大幅跳变。民乐地震前的断层形变异常基本开始于2002年,与该次地震前山丹地电阻率高值异常^[14]开始时间基本同步,比其它定点台站异常略早。高台水位与地热、肃南长水管倾斜、武威地电阻率、张掖水氦等异常特征以破年变的加速、突跳、转折为主(异常特征详细描述见相关参考文献),断层形变中期背景较为明显,而定点前兆异常更具短期甚至短临预测意义。

3 岷县震前跨断层形变等异常分析

2003年11月13日甘肃岷县5.2级地震前甘东南西秦岭构造区武都东、黄家坝、毛集这3个跨断层短水准场地出现异常。异常观测曲线见图5,主要表现为与以往变化趋势不同的扰动型尖点突跳异常,震后基本恢复。毛集距震中最近,约为175 km,黄家坝距震中最远,约为198 km。武都东场地2—3测段(不跨断裂)1998年7月大幅阶跃原因不明,

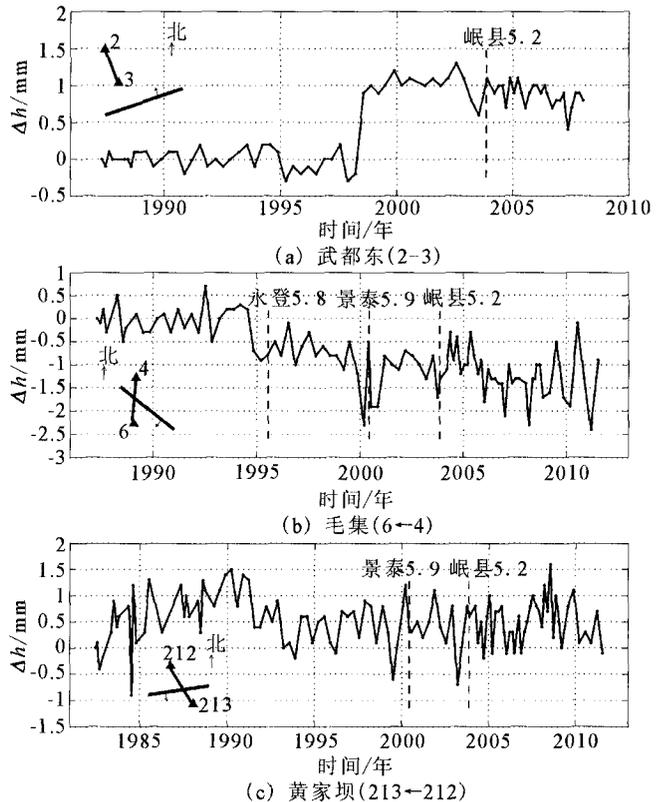


图5 岷县震前甘东南地区跨断层短水准异常观测曲线

Fig. 5 The observation curves of across-fault short leveling anomaly in southeastern area of Gansu province before Minxian earthquake.

可能为干扰所致;2003年3月、7月连续下降共0.5 mm,与以往变化形态、范围迥异;10月折返,形成尖点突跳异常。毛集场地6←4测段(跨过断裂)1995年7月永登5.8级、2000年6月景泰5.9级地震前出现过加速突跳异常,2003年10月1日加密观测时观测到0.9 mm加速下降、之后折返,形成尖点异常,反映震前跨断层场地所在断裂出现先压性增强后松弛的变化过程。黄家坝场地213←212测段(跨过断层)2000年6月景泰5.9级地震前出现过尖点突跳异常,2003年3月加速下降1.5 mm、之后折返,形成尖点异常,与景泰震前异常形态相似,反映震前断层出现先压性增强后松弛的变化过程。从异常空间分布和开始时间(2003年3—11月)上看,与徐辉等2007年^[9]给出的兰州台电位与电阻率、天水台电阻率与电位、通渭台电阻率、武都台电位(见图6)异常出现时间(2003年3—11月)同步或准同步,定点前兆主要表现为快速上升、下降或破年变的回返波动变化,具短期预测意义。断层形变和定点前兆出现时间均为2003年3—11月,故可以互相印证。

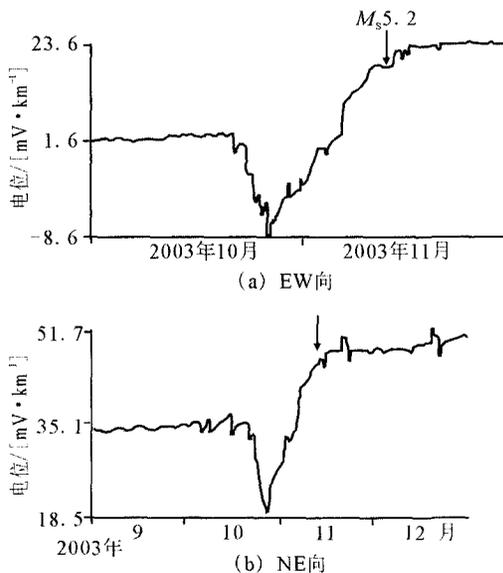


图6 武都台EW、NE道电位观测曲线(据文献^[9])

Fig. 6 EW, NE potential observation curves at Wudu station.

4 结论与讨论

本文对近十年来发生在甘肃地区的2002年玉门5.9级、2003年民乐6.1与5.8级及岷县5.2级地震前跨断层形变异常进行提炼总结,并与相应的定点前兆异常分析文献作综合对比。结果表明:玉门5.9级、民乐6.1与5.8级、岷县5.2级地震前,

震区周围十几至二、三百公里范围内观测到一定数量跨断层短水准形变异常,其异常形态以加速、突跳或尖点突跳为主;多数异常反映震前断裂出现先压性增强后松弛的过程;震级越大、异常范围可能越大;具中期背景或短期前兆意义;其异常空间分布与定点前兆异常空间分布接近、异常出现时间同步或准同步,异常形态也不排除一定的相似性(破年变基础上的加速、转折、突跳),与定点前兆观测(跟踪识别异常—预测地震)具有较好的相互印证关系。本文仅对玉门、民乐、岷县震前跨断层形变异常特征及与定点前兆观测的相互印证关系进行了分析,关于震前断裂出现先逆断增强后松弛的变化过程,在转折松弛时段易发生地震的物理和力学机制及断层走向、倾向与震源机制之间的关系等有待进一步研究。

[参考文献]

- [1] 江在森,丁平,王双绪,等.中国西部大地形变监测与地震预测[M].北京:地震出版社,2001:44-46.
- [2] 江在森,祝意青,王庆良,等.永登5.8级地震孕育发生过程中的断层形变与重力场动态图象特征[J].地震学报,1998,20(3):264-271.
- [3] 王双绪,江在森,陈文胜,等.景泰5.9级地震的断层形变异常及中短期预报[J].地震学报,2001,23(2):151-158.
- [4] 车兆宏,刘善华,刘天涯,等.用流动形变观测判定强震危险地点的研究[J].地壳形变与地震,1996,16(1):46-51.
- [5] 陈兵,江在森,赵振才.中国西部断层形变趋势异常特征与地震活动关系研究[J].中国地震,2000,16(1):77-85.
- [6] 张希,王双绪,崔笃信,等.民乐—山丹地震的区域构造变形背景与中短期前兆[J].中国地震,2004,20(3):238-246.
- [7] 吴富春,许俊奇,张宪,等.中国地震台网前兆异常的统计研究[J].地震学报,1998,20(5):515-520.
- [8] 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——以兴海地震为例[J].西北地震学报,2008,30(2):179-183.
- [9] 徐辉,白亚平,康庆强,等.岷县5.2级地震前兆异常分析[J].高原地震,2007,19(3):25-28.
- [10] 张小涛,陈化然,马新欣,等.玉树M_s7.1地震前地电场异常变化特征分析[J].大地测量与地球动力学,2011,31(增):38-42.
- [11] 张昱,张占斌,曹喜,等.嘉峪关气氨映震情况讨论及玉门地震前水氨(嘉峪关,酒泉)异常特征[J].地震地磁观测与研究,2004,25(1):78-82.
- [12] 刘耀炜.我国地震地下流体科学40年探索历程回顾[J].中国地震,2006,22(3):222-235.
- [13] 赵洁,杜学彬,胡建军,等.嘉峪关地电场观测资料分析[J].西北地震学报,2009,31(3):290-295.
- [14] 尹亮,李东生,周丽萍,等.民乐、山丹6.1级地震异常及台站实现短临预报的思考[J].西北地震学报,2005,27(增):112-116.