

张 闯, 王晶晶, 张 翔, 等. 抚顺地区前兆手段对应营海老震区地震的映震浅析[J]. 华南地震, 2015, 35(4): 77-85. [ZHANG Chuang, WANG Jingjing, ZHANG Xiang, et al. The Elementary Analysis of Earthquake-indicating Capability in the Old Seismic Area of Yingkou-Haicheng by the Earthquake Precursors in Fushun[J]. South china journal of seismology, 2015, 35(4): 77-85.]

抚顺地区前兆手段对应营海老震区地震的映震浅析

张 闯¹, 王晶晶², 张 翔¹, 王 征¹, 商 亮¹, 惠泓博¹, 左 艳¹, 孙丽娟¹

(1. 抚顺市地震监测总站, 辽宁 抚顺 113006; 2. 盘锦地震台, 辽宁 盘锦 124000)

摘要: 主要以2008年以来营海老震区 $M_L \geq 3.5$ 级以上地震为例, 对地震前抚顺地区出现异常的各前兆观测资料进行了系统的整理与分析, 总结各前兆手段出现的异常特征和持续时间等异常特性。结果显示: 营海地区发生23次 $M_L \geq 3.5$ 级地震中, 有7次地震前抚顺地区的前兆资料有异常显示, 且5次地震前抚顺台水管仪北南分量和山龙峪模拟水位同时出现异常。异常均以短临形式出现, 通常在震前1~5 d。

关键词: 营海老震区; 抚顺地区; 前兆手段; 异常特征

中图分类号: P315.7

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662 (2015) 04-0077-09

DOI: 10.13512/j.hndz.2015.04.12

The Elementary Analysis of Earthquake-indicating Capability in the Old Seismic Area of Yingkou-Haicheng by the Earthquake Precursors in Fushun

ZHANG Chuang¹, WANG Jingjing², ZHANG Xiang¹, WANG Zheng¹,
SHANG Liang¹, HUI Hongbo¹, ZUO Yan¹, SUN Lijuan¹

(1. Earthquake Monitoring Chief Station of Fushun City, Fushun 113006, China; 2. Panjin Seismic Station, Panjin 124000, China)

Abstract: Taking the earthquakes with $M_L \geq 3.5$ in the old seismic area of Yingkou-Haicheng since 2008 as example, the paper systematically sorts and analyzes all the abnormal precursory observation data in Fushun before the earthquakes, and summarizes the abnormal feature of all the precursor means, as well as their duration. The results show that precursor data in Fushun region showed abnormality before 7 earthquakes among the 23 earthquakes with $M_L \geq 3.5$ occurred in Yingkou-Haicheng area, besides north-south component of water tube tiltmeter and simulation water level of shanlongyu well both showed abnormality before 5 earthquakes. Abnormalities all usually showed 1~5 days before the earthquake with the short-impending.

Keywords: Old seismic area of Yingkou-Haicheng; Area of Fushun; Precursor means; Abnormal characteristics

收稿日期: 2014-08-12

基金项目: 抚顺地区形变异常信息的提取与定量化研究探索(中国地震局监测预报课题三结合 150607)

作者简介: 张 闯 (1979-), 男, 工程师, 主要从事地震前兆研究和预报工作。

E-mail: fszyzy@sina.com.

0 引言

密山-敦化断裂带的西南端与大洼断裂相接成一线,太子河断裂与盖县断裂相接。大洼与盖县两断裂基本呈平行,两者之间及周边为辽宁的浅源地震的多发区域,也俗称为“营海老震区”,从近几十年的地震活动分析,该断裂带比较活跃。而抚顺地区正好靠近密山-敦化断裂带的西南端、太子河断裂的东北端。多年观测资料表明抚顺地区前兆手段能够及时捕捉到抚顺及邻区的主要构造活动信息。由于抚顺山龙峪站、抚顺台山洞、南山城地震站数字化前兆手段均在 2006—2007 年进行“十五”升级改造,故本文主要选取 2008—2013 年营海老震区发生 M_L 3.5 级以上地震时,抚顺地区前兆手段存在异常的 7 个地震事件。在充分考虑各种干扰因素后,利用预处理软件^[1]和数字化形变观测资料异常识别方法的应用及评价^[2]对抚顺地区各前兆手段出现的异常进行了详细和深入研究,总结了本地区前兆手段的异常特征。

1 抚顺地区前兆观测概况

抚顺地区有前兆观测台站五个,为一台多测项综合观测台站。观测手段有水动态、地倾斜、

短水准等共 18 个测项。观测方式有模拟观测和“九五”、“十五”数字化观测,观测台站分布见图 1。多年观测资料表明,抚顺地区前兆映震能力较强,前兆异常特点是以短临异常为主,趋势异常较少。

2 营海老震区地震与抚顺前兆资料映震分析

在 2006—2007 年期间,抚顺山龙峪站、抚顺台山洞、南山城地震站数字化前兆手段均进行“十五”升级改造,2008 年数据恢复稳定运行,故本文主要选取 2008—2013 年营海老震区共发生的 23 次 M_L 3.5 级以上地震(表 1),对抚顺地区前兆手段存在异常的 7 个地震事件进行分析。

2.1 2008 年 01 月 15 日 海城 M_L 3.9 级地震

山龙峪模拟水位:抚顺山龙峪井 1993 年开始模拟水位观测,2000 年 10 月数字化改造后,开始数字化水位观测,目前模拟与数字化并行。该井观测精度高,能清晰反映水位固体潮汐变化,年变规律较明显,映震效果好。山龙峪井前兆变化多以短临异常为主。2008 年 1 月 4 日水位在正常下降过程中上升,幅度为 10 mm 左右,7 日固体 A 潮畸变(图 2a),排除干扰后,认为存在异常。1

表 1 2008 年以来营海老震区 M_L 3.5 以上地震目录

Table 1 Earthquake catalog with $M_L \geq 3.5$ in old seismic area of Yingkou-Haicheng since 2008

序号	地震日期/ 年-月-日	震级	距抚顺前兆 台站距离/km	震中位置		震中最近地名	方位	震前有无变化
				经度/ $^{\circ}$	纬度/ $^{\circ}$			
1	2008-01-15	3.9	150~260	122.85	40.65	辽宁海城	西南	有
2	2008-11-03	4.1	150~260	122.88	40.63	辽宁海城	西南	有
3	2008-11-09	4.0	150~260	122.93	40.63	辽宁海城	西南	有
4	2008-11-11	3.5	150~260	122.78	40.67	辽宁海城	西南	有
5	2008-11-14	4.8	150~260	122.90	40.65	辽宁海城	西南	有
6	2009-01-01	4.2	150~260	122.90	40.63	辽宁海城	西南	无
7	2009-01-14	3.9	150~260	122.82	40.67	辽宁海城	西南	无
8	2009-07-19	4.0	150~260	122.68	40.70	辽宁海城	西南	无
9	2010-01-11	3.5	150~260	122.83	40.67	辽宁海城	西南	有
10	2010-07-21	3.8	140~250	123.07	40.52	辽宁岫岩	西南	有
11	2010-09-22	3.6	140~250	123.05	40.53	辽宁岫岩	西南	有
12	2012-02-02	4.7	170~290	122.40	40.50	辽宁盖县	西南	有
13	2012-02-02	4.3	170~290	122.42	40.48	辽宁盖县	西南	有
14	2012-02-02	3.5	170~290	122.42	40.48	辽宁盖县	西南	有
15	2012-07-12	4.2	170~290	122.40	40.48	辽宁盖县	西南	无
16	2012-07-12	3.6	170~290	122.42	40.48	辽宁盖县	西南	无
17	2012-07-15	3.7	170~290	122.38	40.48	辽宁盖县	西南	无
18	2012-11-01	4.0	170~290	122.38	40.48	辽宁盖县	西南	无
19	2013-03-30	4.0	170~290	122.42	40.48	辽宁盖县	西南	有
20	2013-03-31	3.9	170~290	122.42	40.48	辽宁盖县	西南	有
21	2013-04-16	3.8	170~290	122.42	40.52	辽宁营口	西南	无
22	2013-04-24	3.7	170~290	122.38	40.50	辽宁盖县	西南	无
23	2013-04-24	3.5	170~290	122.40	40.50	辽宁盖县	西南	无

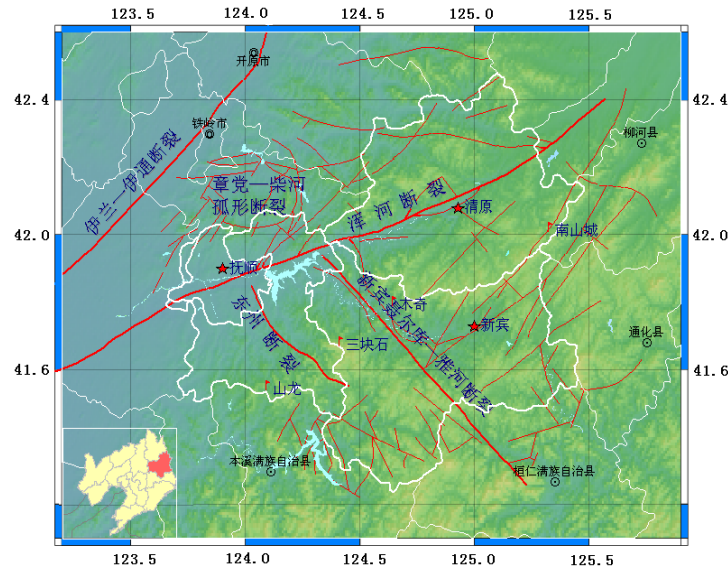


图 1 抚顺地区前兆观测站分布图

Fig.1 Distribution map of precursory observation in Fushun area

月 15 日海城发生 M_L 3.9 级地震，震中距 160 km。
抚顺台数字水管仪：抚顺台水管仪为“十五”数字化观测仪器。该手段精度好、资料连续完整。北南向数据从 2008 年 1 月 2 日至 11 日数据为略为北倾走向，12 日数据加速北倾，13 日数据变化平稳，14 日数据开始转向加速南倾变化，15 日海城发生 3.9 级地震(图 2b)。

2.2 2008 年 11 月 3 至 14 日 海城震群活动
龙峪模拟水位。2008 年 10 月 13 日水位缓慢下降的趋势上，出现上、下波动变化不稳定，一直持续到 10 月末。根据华北地区中强地震前兆特征及预报指标的初步研究^[3]判定为地震前兆异常，(10 月 24 日、28 日周会商中均提到此异常)。11 月 3 日海城发生 M_L 4.1 级地震，11 月 9 日又发生

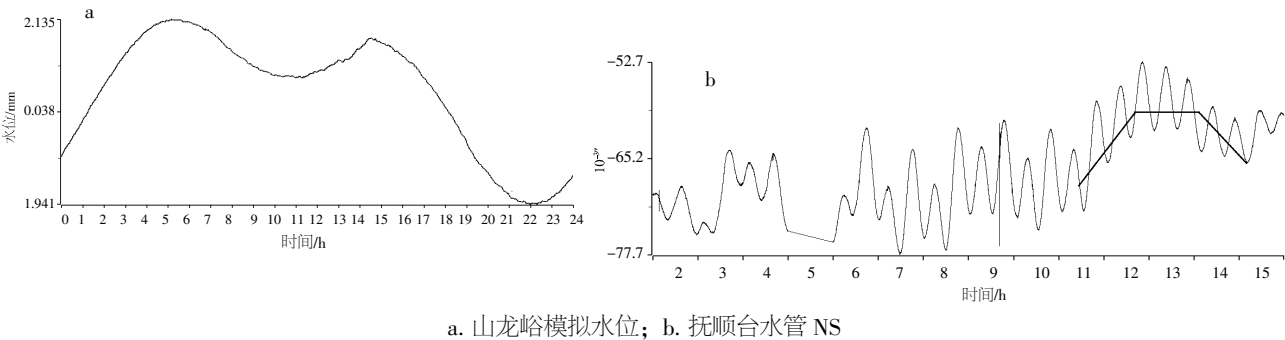


图 2 2008 年 1 月 15 日海城 M_L 3.9 级地震前抚顺各前兆手段异常特征

Fig.2 The anomaly characteristics of precursory means of Fushun before the Haicheng M_L 3.9 earthquake on January 15, 2008

一次 M_L 4.1 级地震，11 月 14 日海城再次发生 M_L 4.7 地震，期间共记录 4 级以下小震百余次。震后水位恢复正常下降趋势(图 3a)。
山龙峪数字化地热。2000 年 10 月抚顺山龙峪井开始数字化地热观测，观测数据稳定、可靠，震后效应明显。观测资料表明，地热曲线总体呈下降趋势，其日均值在 $2\%^\circ\text{C}$ 左右变化。2008 年 11 月 9 日起曲线转平出现异常。11 月 16 日后地热曲线恢复正常下降趋势(图 3b)。

抚顺台数字水管仪。北南向数据从 2008 年 11 月 3 至 6 日波动较大，且在 6 日出现固体潮畸变。7 日至 14 日数据恢复平稳变化趋势。经分析并排除干扰，认为是对应 11 月海城震群的前兆异常变化(图 3c)。

2.3 2010 年 01 月 11 日 14:19 海城 M_L 3.5 级地震

抚顺台数字水管仪：2010 年 1 月 7 日 18 时开始，水管仪北南向数据出现转平迹象，8 日又开始

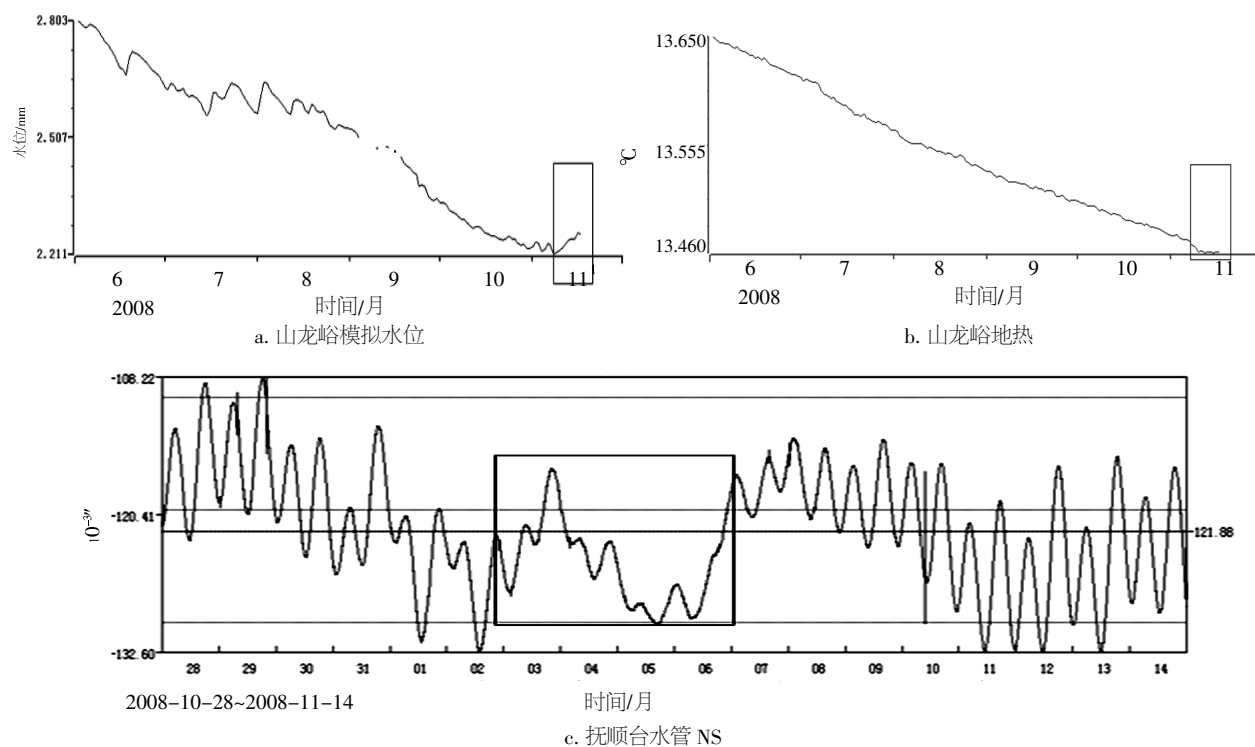


图3 2008年11月岫岩震群前抚顺各前兆手段异常特征

Fig.3 The anomaly characteristics of precursory means of Fushun before the Xiuyan earthquake swarm in November, 2008

大幅度向南倾斜, 9日开始恢复正常, 11日14时发生海城市 M_L 3.5级地震(图4a)。

山龙峪模拟水位: 2010年1月8至10日大幅上升, 两天共上升 51 mm(图4b), 同井地热9~10 d也上升 2‰度, 排除干扰后, 根据辽宁省数字地震前兆观测资料评价及其应用^[4]判定为水位上升较大, 存在地震前兆异常。

2.4 2010年07月21日09:10岫岩 M_L 3.8级地震

抚顺台数字水管仪: 北南向从2010年7月19至22日出现加速北倾, 20日数据开始转平, 21日继续加速北倾(图5)。

2.5 2010年09月22日08:01岫岩 M_L 3.6级地震

抚顺台数字水管仪: 与前两次老震区地震相

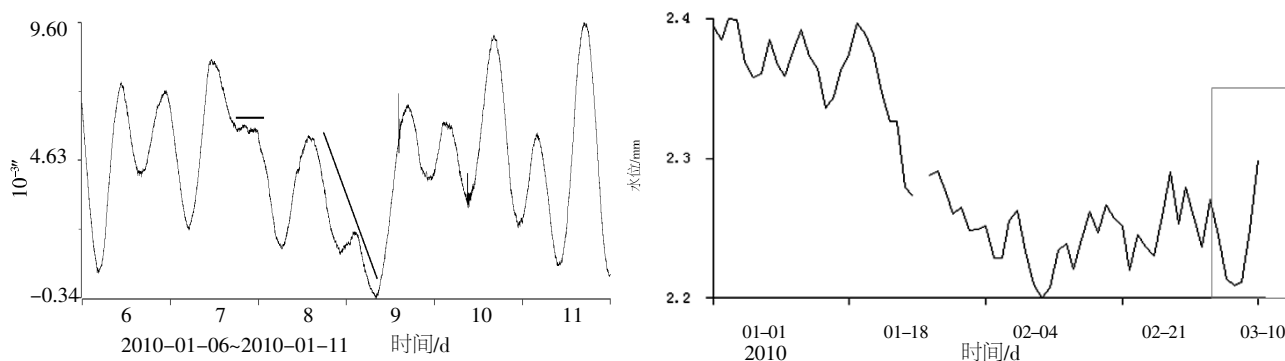


图4 2010年1月11日海城 M_L 3.5级地震前抚顺各前兆手段异常特征

Fig.4 The anomaly characteristics of precursory means of Fushun before the Haicheng M_L 3.5 earthquake on January 11th, 2010

似的是, 9月22日岫岩偏岭 M 3.3级地震之前, 抚顺台水管仪北南向曲线也出现了同样的异常特征即: 水管北南向从9月15日至17日数据开始转平, 18日至19日转向南倾, 20日开始恢复正常,

22日08时发生岫岩发生 M_L 3.6级地震(图6)。该地震与2010年7月21日岫岩3.8级地震是同一个地区地震, 曲线出现的异常特征相同, 这为我们以后预测震中位置提供了相对准确的参考依据。

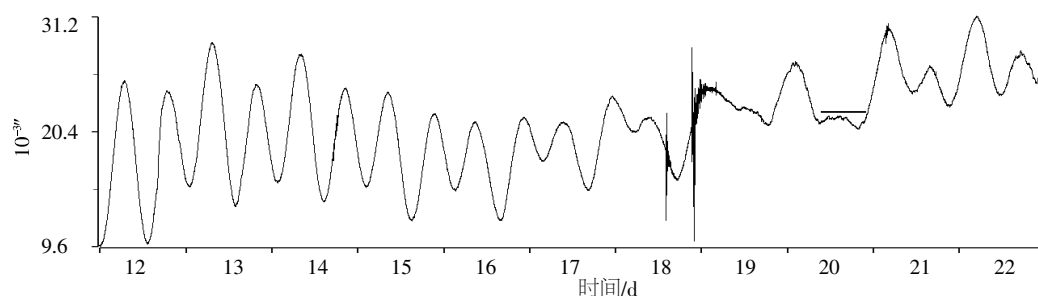
图5 2010年7月12至21日岫岩 M_L 3.8级地震前抚顺前兆手段异常特征

Fig.5 The anomaly characteristics of precursory means of Fushun before the M_L 3.8 earthquake in Xiuyan on July 21st, 2010

2.6 2012年02月02日营口 M_L 4.7级地震、 M_L 4.3级地震

南山城模拟倾斜仪。抚顺市南山城地震站始建于1986年,石英水平摆倾斜仪1993年投入观测,至今已有二十年时间(1989—1992年使用JB金属水平摆倾斜仪观测),观测资料可信度及可分析价值高。

该石英水平摆倾斜仪在无人干扰,气象三要素正常的情况下,2012年1月30日至31日08时东西向共有三次向东掉格,从2012年1月至2月4日日均值图(图7a)中可以看出,东西向数据从1月31日开始至2月1日加速东倾,仅此一天共向东倾斜了 7.6° 。2日5时16分营口发生 M_L

4.7级地震。27分钟之后再次发生 M_L 4.3级地震。

山龙峪模拟水位。2012年1月31日和2月1日拟水位发生了固体潮上升畸变,2月2日营口发生 M_L 4.7级和 M_L 4.3级地震,震后水位恢复正常变化(图7b)。

山龙峪气氦。山龙峪井SD-3A型数字化自动测氦仪从2006年9月开始观测,仪器运行正常,数据连续,对2011年3月11日日本东海9.0级特大地震以及2011年6月27日抚顺市高湾东部地区 M_L 3.5地震均有较明显反应,2012年1月30日在仪器正常运行,且周围环境无任何变化情况下,氦值急速下降,31日至2月1日氦观测值逐渐恢复正常。2月2日营口发生 M_L 4.7级和 M_L 4.3级

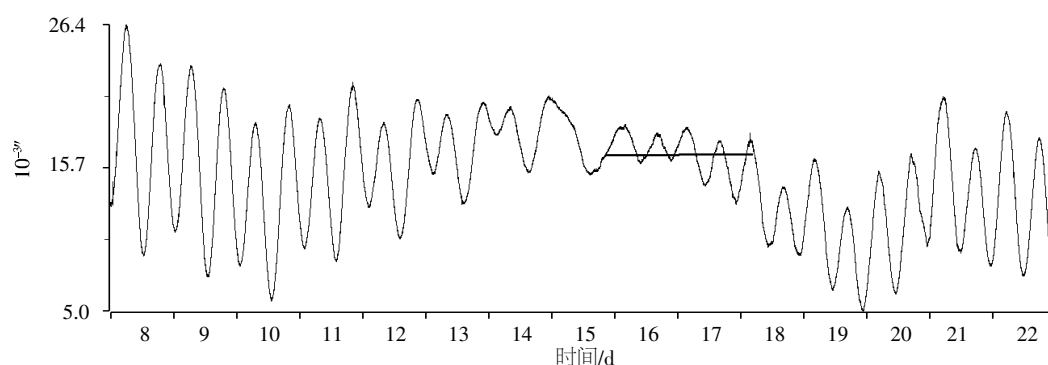
图6 2010年9月8日至22日岫岩 M_L 3.6级地震前抚顺前兆手段异常特征

Fig. 6 The anomaly characteristics of precursory means of Fushun before the Xiuyan M_L 3.6 earthquake on September 22nd, 2010

地震(图7c)。

抚顺台数字水管仪。2012年1月31至2月1日抚顺台DSQ水管仪北南向突然出现加速北倾,同时固体潮曲线出了畸变。2日数据恢复正常,当天营口发生了 M_L 4.7级和 M_L 4.3级地震。但当天21时34分在瓦努阿图(南纬: -17.7° ;东经: 167.2°)又发生了一次 M_s 7.0地震。经综合分析认为此次地震距离太远,此次异常变化应为营口 M_L 4.7级和 M_L 4.3级地震异常(图7d)。

2.7 2013年03月30~1日营口 M_L 4.0级地震、 M_L 3.9级地震

南山城数字水管仪:北南向数据在3月17~20日出现数据转向加速南倾异常,21日恢复正常年变走势。根据华北地区中强地震前兆特征及预报指标的初步研究^[9]判定为地震前兆异常。(3月18日和3月26日周会商中提出)30和31日在营口发生 M_L 4.0和 M_L 3.9级地震。经分析认为此次数据变化,应为营口地震前兆异常(图8a)。

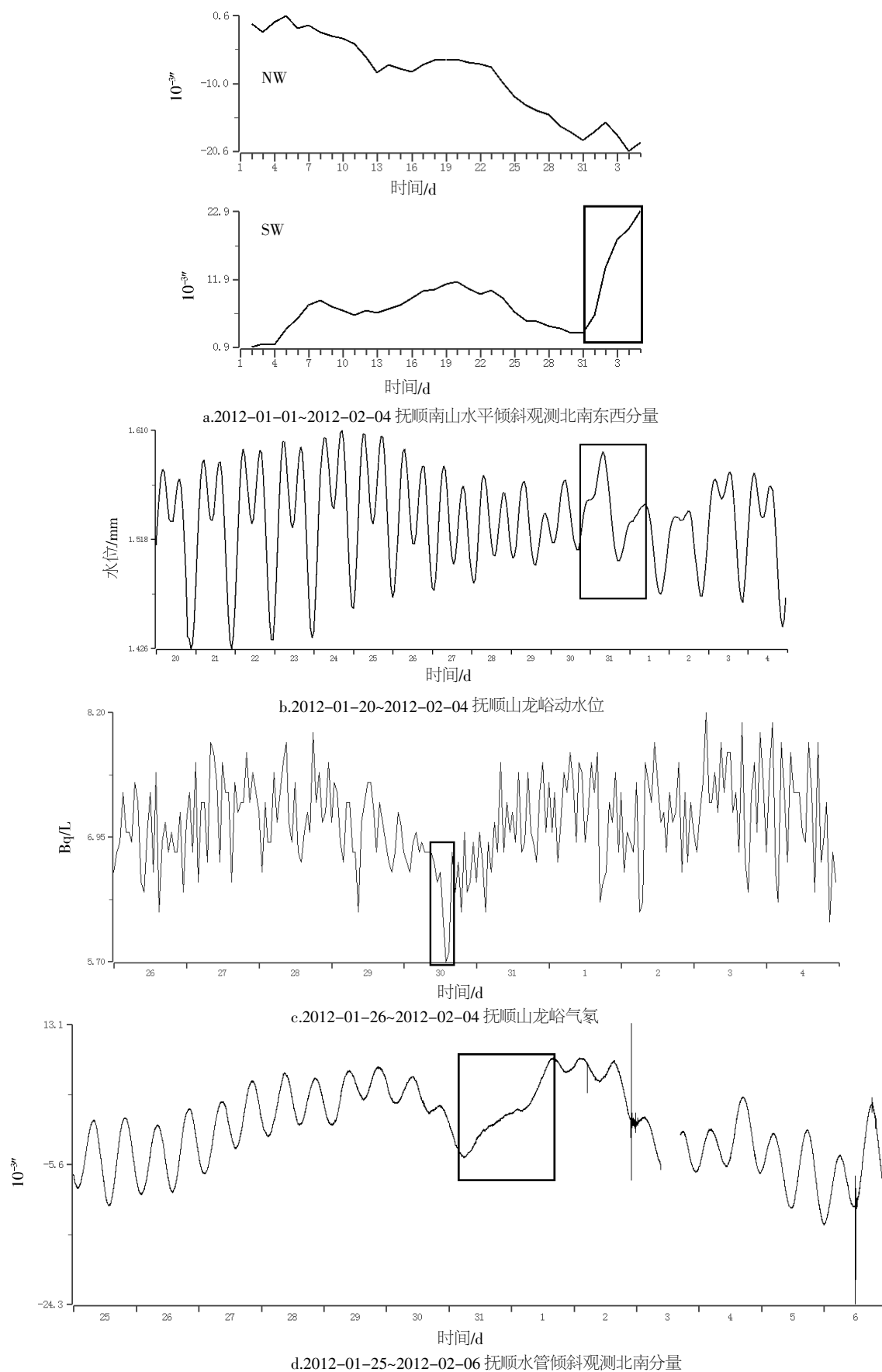


图 7 2012 年 2 月 2 日营口两次 4 级以上地震前抚顺前兆手段异常特征

Fig.7 The anomaly characteristics of precursory means of Fushun before the two earthquakes with $M \geq 4$ in Yingkou on February 2nd, 2012

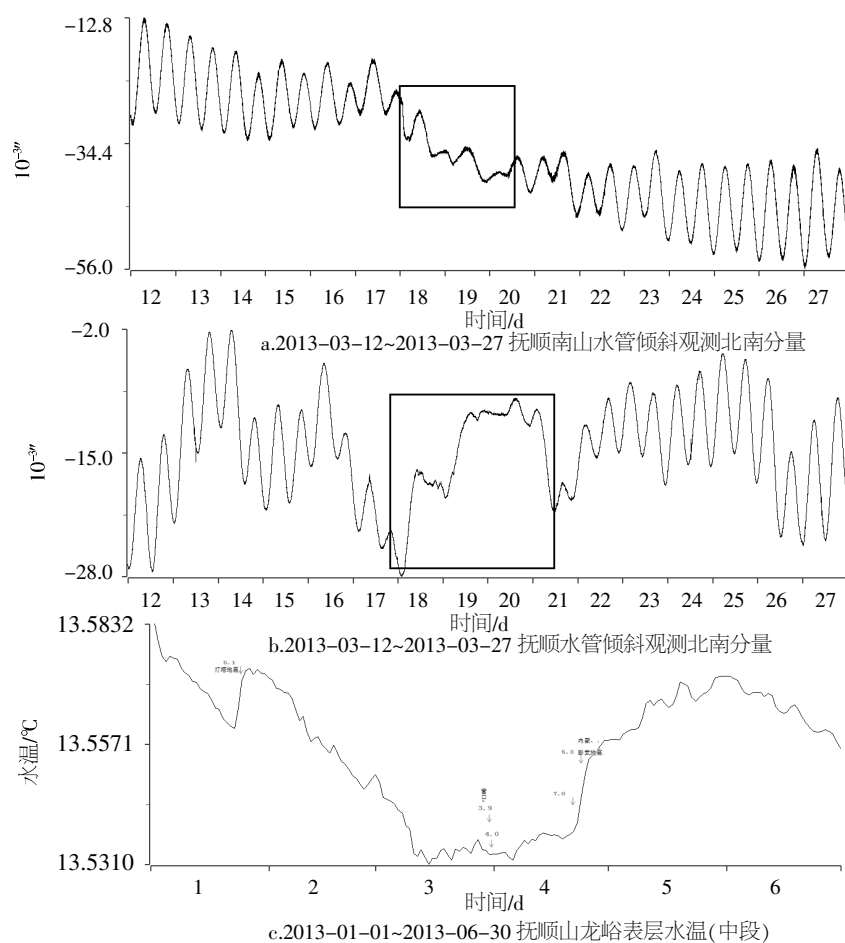


图8 2013年3月30日营口 M_L 4.0级、 M_L 3.9级地震前抚顺前兆手段异常特征

Fig.8 The anomaly characteristics of precursory means of Fushun before M_L 4.0 and M_L 3.9 earthquakes in Yingkou on March 30th, 2013

抚顺台数字水管仪。2013年3月18~21日数字水管仪北南向固体潮发生畸变,出现数据异常,22日后恢复正常固体潮形态。根据对华北地区中强地震前兆特征及预报指标的初步研究^[9]判定为地震前兆异常。(3月18日和3月26日周会商中提出)30和31日营口发生 M_L 4.0和 M_L 3.9级地震。经分析认为此次数据变化,应为营口地震前兆异常(图8b)。

山龙峪数字化地热。该手段自2000年观测以来,总体呈下降趋势。2013年1月23日灯塔 M_S 5.1级地震前,山龙井水温变化正常,地震第二天水温上升7‰度后恢复缓慢下降趋势;3月9日至10日水温突降10‰度,并打破原有缓降趋势,出现转平。期间在3月30日和31日发生了营口 M_L 4.0和 M_L 3.9级两次地震,地震后水温数据仍未恢复缓降趋势,4月20日四川雅安 M 7.0地震、4月22日内蒙通辽 M 5.3地震后,水温陡升14‰度,4月25日至6月2水温一直为上升状态,6月3日起水温恢复下降趋势(图8c)。因此该手段数据变化,应该是这几次地震的叠加效应。

3 抚顺地区前兆手段对应营海老震区地震的异常特点

对2008—2013年营海老震区 M_L 3.5以上地震发生前抚顺地区前兆手段出现的异常进行回顾总结分析后发现:

(1) 2008—2013年营海老震区共发生 M_L 3.5以上地震23次,其中地震发生前抚顺地区前兆手段存在异常的是上述7个事件,异常对应率为30%。从抚顺地区前兆异常台站对应营海老震区地震数量来看,主要以抚顺台数字水管仪和山龙峪模拟水位前兆手段出现异常数量居多,且映震效果好。从营海老震区地震的地点和抚顺台站空间分布图中可以看出:营海老震区地震多发生在大洋河断裂和金州断裂上,同时该地区又有太子河断裂和海城—营口断裂在此交汇。抚顺地区前兆台站也均分布在断裂带附近,其中山龙峪井位于太子河断裂的端点,抚顺台位于密山—郭化断裂上;南山城站位于此断裂的附近。抚顺地区前兆台站的地理位置决定了前兆手段对营海老震区地震反映敏感

表 1 营海老震区地震前抚顺地区各前兆手段异常项目表
Table 1 The abnormal items of the precursors in the Fushun area before earthquakes in the old seismic area of Yingkou-Haicheng

序号	发震时间	震级/ M_L	震中位置		震中最近地名(境内)	异常站点	前兆项目	异常特征					
			纬度 $^{\circ}$	经度 $^{\circ}$				起始时间	异常形态	加速时间	转折时间	持续时间/d	结束时间/h
1	2008-01-15	3.9	40.65	122.85	海城	抚顺台	数字水管仪	1.12	加速转平转折	1.12	1.14	3	1.15
						山龙峪	模拟水位	1.4	上升畸变	1.4	1.7	4	1.8
		4.1	40.63	122.88		山龙峪	模拟水位	10.13	上升下降波动大	18	10.31	18	
2	2008-11-3-2008-11-14	4.7	40.63	122.93	海城震群活动	山龙峪	数字地热	11.9	数据转平	7	11.15	6	
		4.1	40.65	122.90		抚顺台	数字水管仪	11.3	加速转向 固体潮畸变	11.3	11.4	4	11.6
		3.5	40.67	122.83		抚顺台	数字水管仪	1.7	数据转平	1.8	1.8	2	1.9
3	2010-01-11				海城	山龙峪	模拟水位	1.8	上升	1.8		3	1.11
4	2010-07-21	3.8	40.50	123.08	岫岩	抚顺台	数字水管仪	7.20	数据转平	7.21	7.21	1	7.21
5	2010-09-22	3.6	40.53	123.05	岫岩	抚顺台	数字水管仪	9.15	数据转平	9.18	9.18	5	9.20
		4.7	40.50	122.40		抚顺台	数字水管仪	1.31	固体潮畸变	1.31		2	2.2
		4.3	40.48	122.42		南山城	模拟水平摆	1.30	掉格转向	1.31		3	2.1
6	2012-02-02				营口		模拟水位	1.31	固体潮畸变	1.31		2	2.1
						山龙峪	数字气氦	1.30	急速下降	1.30		1	1.30
						南山城	数字水管仪	3.17	转向加速	3.18		4	3.21
7	2013-03-30	4.0	40.48	122.42									
	2013-03-31	3.9	40.48	122.42	营口	抚顺台	数字水管仪	3.18	固体潮畸变			4	3.21
						山龙峪	数字地热	3.9	下降			2	3.11

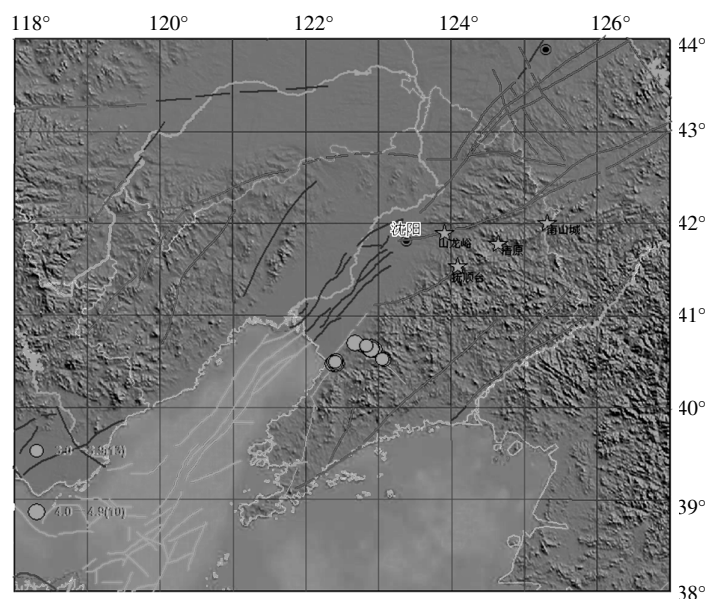


图9 营海老震区地震与抚顺台站空间分布图

Fig.9 Distribution map of earthquakes in YingHai old seismic area and stations in Fushun

的主要原因(图9)。

(2) 从异常形态和特征来看,几次震前前兆异常均以短临形式出现,异常时间大多为1~5 d(表1)。形变手段异常形态基本为固体潮畸变,日均值曲线的加速和转向加速变化,异常的幅度虽与震级不呈线性关系,但4级以上地震的异常手段相对较多,异常幅度普遍较大,加速速率均大于3角秒/天,流体手段异常形态基本为突升突降型、持续上升或持续下降型、陡升或陡降型及固体潮畸变型等,持续时间也大多为1~5 d(除岫岩震群外。本文统计的7次营海老震区 M_L 3.5以上地震,有5次在震前抚顺台水管仪北南分量和山龙峪模拟水位同时出现异常(表1)。

(3) 另外对于同一地区地震,抚顺台数字水管仪北南向曲线出现了同样的异常特征。同一个地区地震,曲线出现的异常特征相同,这为我们以后预测震中位置提供了相对准确的依据(表1)。

4 结语

抚顺地区前兆多以短临异常为主,通过多年观测资料积累和经验的总结,抚顺台水管仪、南山城倾斜和山龙峪流体手段出现异常居多,且映震效果好。本文的7次地震事件前,抚顺地区存在的三套洞体应变仪均没有异常。但由焦明若等对2013年1月23日辽阳灯塔5.1级地震异常分析^[9]抚顺台伸缩仪东西分量在2013年1月23日辽阳灯塔5.1级地震前出现短期加速张性变化异常。

《2013年度辽宁省地震趋势会商报告》中抚顺台伸缩仪判定为短期异常,异常信度为A。在2013年4月22日内蒙科尔沁5.3级前出现了转向压缩异常变化,震后恢复为拉张变化。

地震是小概率事件,发生的部位又在地下,因此对地震异常的研究困难极大,通过抚顺地区前兆手段对应营海老震区地震的映震分析,发现同一个台址有的测项能反映出异常,而部分测项没有异常。另外异常所对应的地震也很复杂,如异常形态相同,地震地点却不同,这给地震预报带来很大困难。由此看来在同一台址架设不同监测性能的仪器对更全面捕捉地震前兆是相当必要的。

参考文献:

- [1] 蒋骏. 地震前兆信息处理与软件系统(EIS2000)[M]. 北京:地震出版社,2000
- [2] 周振贵,祝怡红,曹志磊,等. 地震前兆模拟数据管理软件设计与应用[J]. 华南地震,2013,33(4): 93-96.
- [3] 鲍海英,孟科,王维. GNSS数据在江苏地震前兆监测中的初步应用与研究[J]. 华南地震,2014,34(3): 91-95.
- [4] 杨柳,邵永新,徐学恭,等. 2012年首都圈地区三次显著地震事件异常跟踪及预测回顾[J]. 华南地震,2013,33(4): 20-30
- [5] 焦明若,王海燕. 2013年1月23日辽阳灯塔5.1级地震异常分析[J]. 防灾减灾学报,2014,30(1): 1-6.