

2016 年青海门源 6.4 级地震前测震学异常 回顾与思考*

王培玲, 苏维刚, 孙 丽

(青海省地震局, 青海 西宁 810001)

摘要: 对 2016 年 1 月 21 日门源 6.4 级地震前出现的测震学异常进行跟踪分析, 发现震前主要以中长期异常为主, 其中青海地区 6 级以上地震超长平静异常显著, 祁连地震带 3 级以上地震频次和 b 值时间扫描存在异常, 地震平静特征参数 Wq 值虽然在空间上有一定的指示意义, 但在该震前无显著的短临异常。综上, 在震情判定过程中采用阶段性渐进式地震预报思路也是有效的。

关键词: 门源 6.4 级地震; 测震学异常; 震情判定

中图分类号: P315.7

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2016)增刊 1-0014-06

0 引言

青海及其邻区主要位于新生代以来地壳运动强烈的青藏高原中北部及其东北缘, 境内地质构造规模大、活动性强, 深大断裂发育, 因此, 也是我国地震多发地区之一。2010 年 4 月 14 日青海玉树发生 7.1 级地震后, 青海地区中强以上地震处于弱活动状态, 其中 6 级以上地震出现超长时间的平静, 直到 2016 年 1 月 21 日门源 6.4 级地震的发生才打破了 69 个月的平静。此次门源 6.4 级地震发生在祁连地震带上的年度危险区内, 且在震前出现一些中长期测震学异常。特别是在门源地震前同一个构造带, 相距 110 km 处发生了 2015 年 11 月祁连 5.2 级地震, 也预示着祁连地震带可能进入 5 级地震相对活跃的时段, 在 5 级地震丛集活动时段发生多次 5.5 级以上, 甚至 6 级以上地震的特点比较明显^①。本文将对门源 6.4 级地震前的震情趋势判定工作进行回顾总结和思考, 吸取经验教训, 以期今后提高预报水平提供参考。

1 异常分析与回顾

1.1 青海地区 6 级以上地震的超长平静异常

1930 年以来青海地区 6 级以上强震活动经历

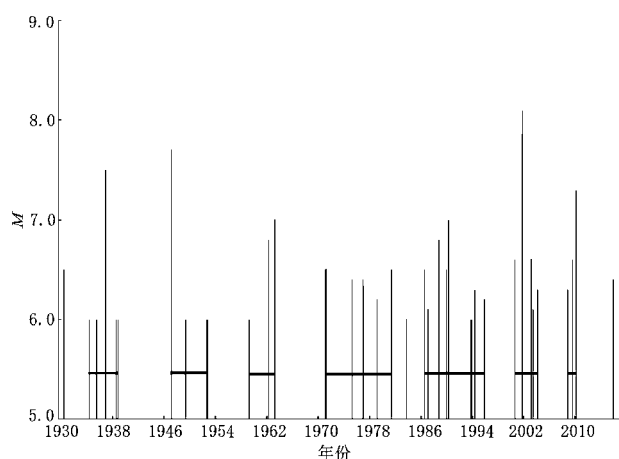
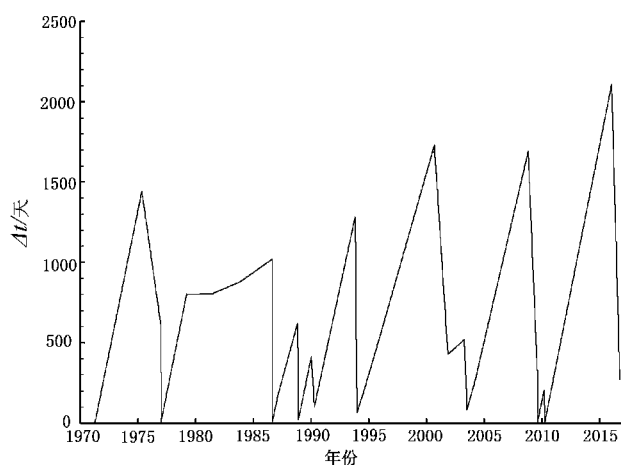
了 6 个活跃时段 (图 1), 每段活跃时间分别持续 5 ~ 11 年。活跃时段分别是 1934 ~ 1941 年、1947 ~ 1952 年、1959 ~ 1963 年、1971 ~ 1981 年、1986 ~ 1995 年和 2000 ~ 2004 年, 活跃时间分别持续了 8 年、6 年、5 年、11 年、10 年和 5 年。根据 6 级以上地震“活跃—平静”特征分析认为 (张国民, 1987; 张敏等, 1998; 朱丽霞等, 1998; 马文静, 黄泽荣, 1999), 2008 年 11 月 10 日大柴旦 6.3 级地震、2009 年 8 月 28 日大柴旦 6.4 级地震和 2010 年 4 月 14 日玉树 7.1 级地震的发生表明青海地区应处于一个 6 级以上地震相对活跃的时段, 该区仍存在发生 6 级以上地震的背景。但是, 自 2010 年玉树 7.1 级地震后, 青海地区 6 级以上地震却出现了平静, 且 5 级以上地震也处于弱活动状态。青海地区是一个多震地区, 6.0 级以上地震年平均发生率为 0.69 次, 复发周期为 1.7 次/年。经分析认为玉树 7.1 级地震后的 6 级地震平静非常的突出, 于是我们在 2014 年度趋势会商会提出了“背景性异常, 当时 6 级以上地震平静已达 3.5 年 (42 个月)^②”的判定意见, 之后持续平静, 达到 1970 年以来最长平静期 5.8 年 (69 个月) 最终由门源 6.4 级地震打破了该平静, 如图 2 所示。

* 收稿日期: 2016-08-23.

基金项目: 青海省地震科学基金项目 (2016A01) 资助.

① 青海省地震局. 2015. 2015 年 11 月 23 日祁连 M_s 5.2 级地震序列及后续地震趋势分析报告.

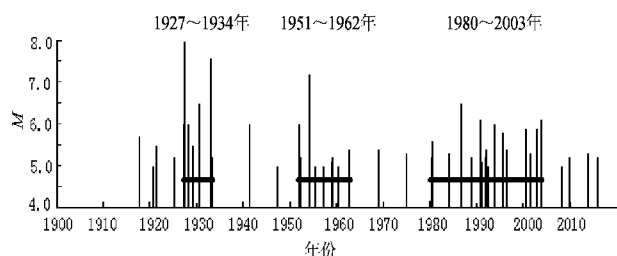
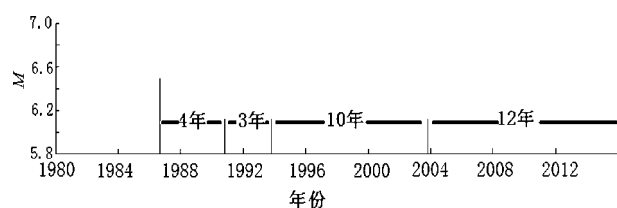
② 青海省地震局. 2013. 2014 年度青海省地震趋势研究报告.

图 1 1930 年以来青海地区 $M_s \geq 6.0$ 地震 $M-t$ 图Fig. 1 $M-t$ diagram of $M_s \geq 6.0$ earthquakes in Qinghai region since 1930图 2 1970 年以来青海地区 $M_s \geq 6.0$ 地震时间间隔 $\Delta t-t$ 图Fig. 2 $\Delta t-t$ diagram of $M_s \geq 6.0$ earthquakes in Qinghai region since 1970

1.2 祁连地震带 6 级以上地震显著平静

祁连地震带是历史上的中强震频发的地区, 自 1900 年以来, 该带 5 级以上地震丛集活跃和平静交替活动特征比较明显 (图 3), 1927 ~ 1934 年、1951 ~ 1962 年、1980 ~ 2003 年都出现了 5 级以上地震的丛集活动现象。2003 年 10 月 25 日民乐 6.1 级地震后, 出现 5.5 级以上地震平静^①, 2008 年 3 月 30 日甘肃肃南 5.0 级地震打破 5 级以上地震长达 4 年零 5 个月的平静, 之后又发生了

2009 年 10 月 2 日甘肃肃北 5.2 级地震、2013 年 9 月 20 日门源 5.1 级地震和 2015 年 11 月 23 日祁连 5.2 级地震 (图 3), 而 6 级以上地震在本次门源地震前已平静 12 年 (图 4)。

图 3 1900 年以来祁连地震带 $M_s \geq 5.0$ 地震 $M-t$ 图Fig. 3 $M-t$ diagram of $M_s \geq 5.0$ earthquakes in Qilian earthquake zone since 1900图 4 1980 年以来祁连地震带 $M_s \geq 6.0$ 地震 $M-t$ 图Fig. 4 $M-t$ diagram of $M_s \geq 6.0$ earthquakes in Qilian earthquake zone since 1980

1.3 测震学参数中长期异常

祁连地震带地处青海省东北部地区, 该区中小地震活跃, 地震监测能力也相对较高, 多年来我们利用地震目录, 按 12 个月窗长 1 个月步长, 除了进行频次和 b 值参数的时间扫描计算研究, 还研究了青海东北部地区地震平静特征参数 W_q 值^②。

2015 年 10 月通过对祁连地震带 3 级以上地震进行频次的扫描计算, 明确提出了自 2012 年下半年 3 级以上地震出现低频次异常, 2013 年门源 5.1 级地震前出现回返, 震后再次出现低值异常, 并有回返趋势的中长期异常 (图 5a)。笔者选取该地区 2 级以上地震进行 b 值时间扫描计算, 发现 2013 年初祁连地震带出现 b 值低值, 已回返到均值线以上的异常 (图 5b), 根据以往震例总结, 低 b 值回返后可能对应祁连地震带 6 级以上地震。

① 青海省地震局. 2010. 2011 年度青海省地震趋势研究报告.

② 青海省地震局. 2012. 2013 年度青海省地震趋势研究报告.

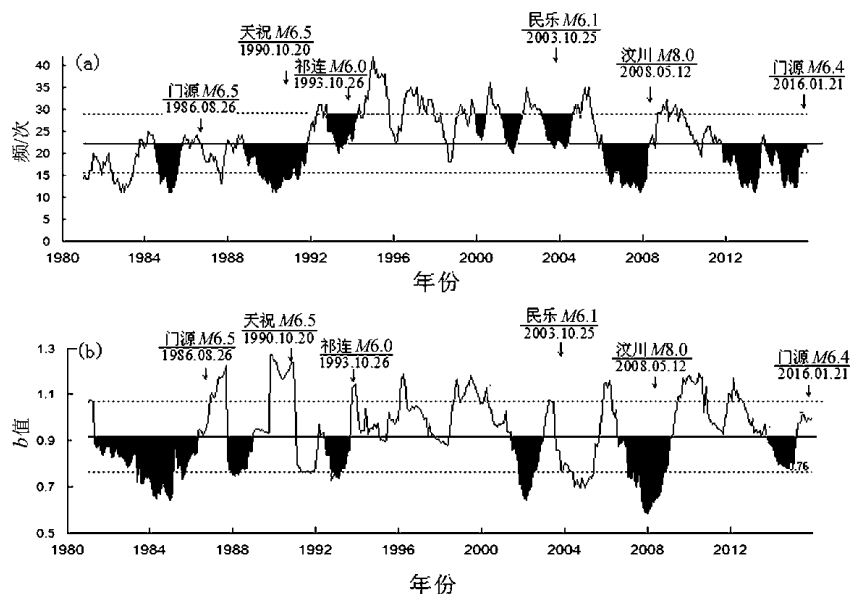


图5 祁连地震带测震学参数时间扫描曲线

Fig. 5 Time scanning curves of seismic parameters in Qilian earthquake zone

笔者对青海省东北部地区 ($34^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{N}$, $96^{\circ} \sim 104^{\circ} \text{E}$) 进行平特征静参数 W_q 值的空间扫描研究, 发现 W_q 值对该区域内 6 级以上地震有很好的对应 (张军等, 2002; 王培玲, 孙丽, 2008), 该参数被应用于多年的年度趋势判定工作中。通过对 W_q 值的计算研究发现, 2011 年 11 月青海东北部地区出现 W_q 值异常 (图 6a), 之后异常区域经历了不断扩大—缩小—扩大—缩小的演化, 最终在祁连—天峻—共和—门源区域内形成了 W_q 值异常显著变化区 (明显收缩区, 如图 6b ~ d 所示)。因此, 判断 W_q 值异常显著变化区域附近可能是未来发生 6 级以上地震的危险区^①。之后, 该异常持续, 直到 2014 年 11 月异常区收缩并集中在门源地区^② (图 6e)。截至 2015 年 10 月, 由于该异常提出时间已有 4 年, 一直没有 6 级以上地震发生, 远远超过了以往震例对应时间, 因此取消了该异常。

1.4 显著地震

2014 年 10 月 ~ 2015 年 10 月, 青海地区 3 级以上地震活动呈现出唐古拉地区和西北部活跃, 而祁连地震带活动弱的格局, 在此背景下, 2015 年 11 月 23 日发生了祁连 5.2 级地震, 该地震不仅

发生在祁连地震带 6 级以上地震已平静 12 年的突出异常背景下, 而且也发生在 5 级以上地震已进入活跃时段内。通过计算视应力值, 发现祁连 5.2 级地震的视应力值略高于 2014 年 10 月 2 日青海乌兰 5.1 级地震和 2015 年 10 月 12 日玛多 5.1 级地震的视应力值, 表明祁连地震带应力积累相对较高。分析以往祁连地震带丛集和平静活动特征, 认为祁连 5.2 级地震的发生预示着未来祁连地震带 5 级地震可能进入相对活跃的时段, 判断在祁连地震带 5 级丛集活动时段发生多次 5.5 级以上、甚至发生 6 级以上地震的特点比较明显^③。

2 结论与讨论

从以上震前明确提出的测震学异常, 以及据此做出趋势判定来看, 中长期震情趋势判定是准确的, 而且也说明多年来总结的经验和使用的测震学方法是正确有效的。但是结合以往成功预报地震的实例, 我们发现这次地震前的趋势判定工作中存在一些偏差, 主要存在以下几点不足:

(1) 对 6 级以上地震超长平静背景下的异常认识不足。门源 6.4 级地震前青海地区 6 级以上地

① 青海省地震局. 2013. 2014 年度青海省地震趋势研究报告.

② 青海省地震局. 2014. 2015 年度青海省地震趋势研究报告.

③ 青海省地震局. 2015. 2015 年 11 月 23 日祁连 M_s 5.2 地震序列及后续地震趋势分析报告.

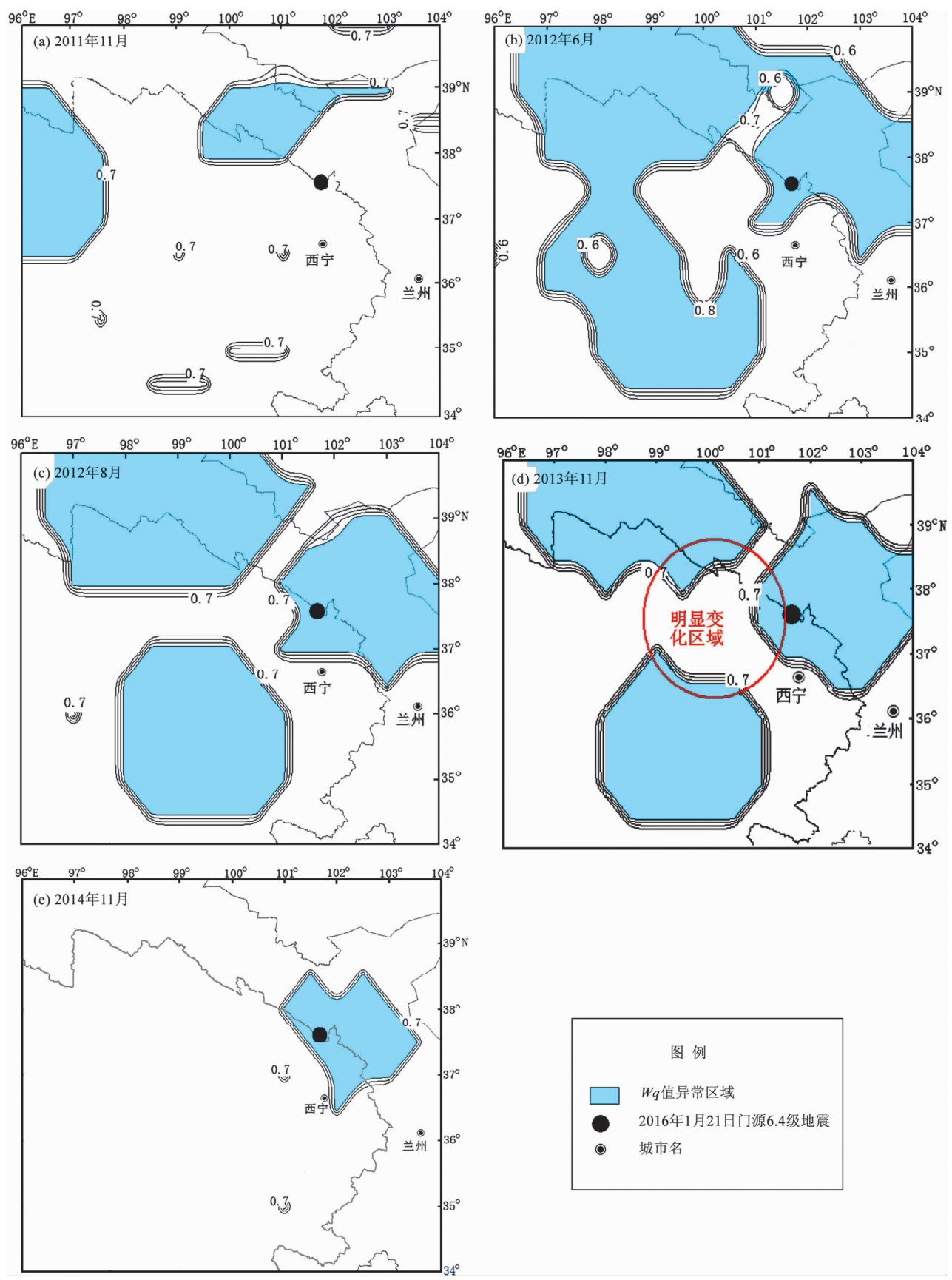


图 6 Wq 值空间扫描分布图

Fig. 6 Distribution of Wq -value special scanning

震已平静了 69 个月,成为 1970 年以来的最长平静期。在这样显著的异常背景下,因为异常提出的时间较早,但并未发生地震,而否定提出的异常。说明我们对于 6 级以上地震超长平静背景下的异常认识还不足,对以往 6 级以上地震平静期内的地震活动状况研究还不深入和全面,还需要继续开展相关研究,积累经验。

(2) 对根据历史资料判定趋势的局限性认识不足。门源地震所处的祁连地震带是监测能力相对较强地区,也是中小地震活跃地区。根据以往研究(刘小凤等,2005),在祁连地震带有些中强震发生前,门源地区或青海北部地区曾出现了震群活动。如 1986 年门源 6.5 级地震前,门源地震台在 1985 年 5 月和 1986 年 4 月先后记录到 2 次震群活动^①。特别是 2003 年 10 月 25 日民乐—山丹 6.1 级地震前,8 月 30 日~9 月 1 日门源地震台记录到了一起震群活动,其参数计算符合前兆性震群的判定指标,这成为实现民乐—山丹 6.1 级地震成功短期预报的依据之一(陈玉华等,2008)。

回顾 2013 年 10 月自明确提出青海省 6 级以上地震平静异常后,青海地区 2014 年没有发生显著的地震活动事件,直到 2015 年 1 月发生了茫崖和玉树 2 次震群事件,5 月 30 日后青海地区 4 级以上地震平静,10 月 12 日玛多 5.2 级地震打破了 4 级以上地震平静,接着 11 月 23 日发生了祁连 5.2 级地震,12 月 27 日发生了玛沁震群,从时间进程上可以看出发生 6 级以上地震的时间紧迫性增强的迹象非常的明显,但对发震地点的指示不明显。根据以往震例分析,玛沁地区发生前兆震群后最短 3 个月对应唐古拉地区或库玛地震带发生的中强以上地震(陈玉华等,2013)。这表明发生 6 级地震的可能性进一步增强,但无法在祁连地震带做出短临预报。因此,我们利用历史地震资料判定趋势仍存在局限性,还需要通过积累,深入全面地认识这些历史地震资料。

(3) 数字地震资料的应用研究不足。2008 年以后青海省数字地震观测台网才正式运行,积累

了一些中小地震的数字地震波形资料,也开展了一些相关研究,虽然我们已经发现玉树地震前的前震波速比出现高值(姚家骏等,2012)和祁连 5.2 级地震视应力值相对较高等现象,但是这些异常现象是否是中强震前共性特征?超长平静与活跃阶段内中小地震的震源参数特征有何区别?各区带中小地震的震源参数特征等仍处在经验的积累阶段,都需要我们继续深入的研究。

门源 6.4 级地震的趋势判定工作暴露出过多的依赖以往震例经验和对数字地震资料研究的不足。今后需要对超常强震异常背景性下发生的显著地震事件应重新认识,不能局限于震例经验。本次门源 6.4 级地震具有其特殊性,为今后开展相关研究提供了思路。在目前地震成功预报难题仍未被攻克阶段下,每一次地震都为我们提供了研究目标,只有总结好、研究透每一次地震,多年后才能在特定的地区、特定的条件下实现短临预报。

参考文献:

- 陈玉华,马玉虎,王培玲等.2008.青海省地震预报回顾与展望[J].高原地震,20(3):1-6.
- 陈玉华,姚家骏,李戈云等.2013.1980 年以来青海地区震群活动与前震序列特征分析[J].中国地震,(4):489-500.
- 刘小凤,肖丽珠,梅秀萍等.2005.祁连山地震带地震活动特征及序列类型[J].地震工程学报,27(1):56-60.
- 马文静,黄泽荣.1999.青海地区地震活动起伏特征之探讨[J].高原地震,11(3):9-14.
- 王培玲,孙丽.2008.青海东部及邻区强震前地震活动特征参数 W_q 值的研究[J].高原地震,20(2):19-23.
- 姚家骏,王培玲,刘文邦.2012.玉树 7.1 级地震前后波速比变化特征分析[J].高原地震,24(3):9-13.
- 张国民.1987.我国大陆强震活动的韵律性特征[J].地震地质,9(2):27-37.
- 张军,陈宇卫,庆梅.2002. W_q 方法及 σ_H 方法在华东地区中强震预报中的应用[J].防灾减灾工程学报,22(3):11-16.
- 张敏,张启胜,辛莉.1998.青海地区强震活动轮回特征及其趋势预测[J].高原地震,10(1):67-70.
- 朱丽霞,赵淑梅,李光全.1998.中国大陆西部及其邻区强震分布特征及青海地区地震大形势分析[J].高原地震,10(4):22-27.

^① 青海省地震局.2009.青海省中小地震(序列)类型及区域特征研究报告.

Review and Thinking of Seismometry Anomalies before Qinghai Menyuan $M_s6.4$ Earthquake in 2016

WANG Peiling, SU Weigang, SUN Li

(*Earthquake Administration of Qinghai Province, Xining 810001, Qinghai, China*)

Abstract

Through tracking on the seismometry anomaly of Menyuan $M_s6.4$ earthquake on Jan. 21, 2016, we find that the seismometry items mainly show the middle and long term anomaly before the earthquake, such as the over – long quiet period of $M \geq 6.0$ earthquakes in Qinghai area is significant, the occurrence frequency of $M \geq 3.0$ earthquakes in Qilian seismic belt and the spatial scanning of b value show anomaly before the Menyuan $M_s6.4$ earthquake. Although the seismic quiet characteristic parameter Wq value has a certain meaning in space, it didn't show the short – impending anomaly. In summary, using progressive ideas to predict the earthquake in the process of earthquake judgment is effective.

Key words: Menyuan $M_s6.4$ earthquake; seismometry anomalies; earthquake judgment