

2016 年青海门源 6.4 级地震震情跟踪概述 及震后总结^{*}

屠泓为, 王培玲, 张晓清, 马 震, 黄 浩

(青海省地震局, 西宁 青海 810001)

摘要: 对 2016 年 1 月 21 日门源 6.4 级地震相关跟踪分析进行了回顾性总结, 震前提取的背景性异常为自 2010 年 4 月 14 日玉树 7.1 级地震后 69 个月的 6 级地震平静、祁连地震带的 3 级地震低频次异常、低 b 值、高 GL 值、震源机制解一致性、跨断层形变等, 而震前确认的前兆异常仅为 2015 年 12 月 19 日距震中约 140 km 的乐都气氛观测值出现大幅度下降变化; 震后总结时, 通过资料收集, 省内提取了平安静水位、湟源钻孔形变 2 项疑似异常, 在甘肃省地震局收集到了 7 项中期前兆异常, 但震中距都比较远。综合分析认为, 在现今的观测过程中, 仍很难做出短临预报, 主要原因为台站分布还是过于稀少, 数字化观测后, 很多仪器是没有近距离经历过地震, 而无典型的震例。建议在今后的震情跟踪过程中多与邻近省局进行异常资料沟通, 必要时可以举行联合会商, 争取更可靠的研判震情。

关键词: 门源 6.4 级地震; 前兆异常; 震情跟踪

中图分类号: P315.71

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2016)增刊 1-009-05

0 引言

地震预测是一个既紧迫要求予以回答、又需要通过长期探索方能解决的地球科学难题(陈运泰 2007, 2009; 张国民等, 2001)。20 世纪 60 年代以来, 中期与长期地震预测研究取得了一些有意义的进展, 如板块边界大“地震空区”的确认、“应力影区”、地震活动性图像、图像识别以及由美国帕克菲尔德地震预报实践获得的正反两方面的经验等。但是地震预测尚处于科学探索的初期阶段, 目前总体水平仍然不高, 特别是短期与临震预测的水平与社会需求相距甚远。统计预测、经验预测、物理预测仍将是未来一定时间段内的主要研究方向(吴忠良, 蒋长胜, 2007; 屠泓为等, 2015)。

2016 年 1 月 21 日 1 时 13 分, 在青海省海北州门源县发生 6.4 级地震, 地震造成 9 人轻伤, 无人员死亡。在门源 6.4 级地震发生前, 青海省地震局对其地震活动性、前兆等异常进行了跟踪和判定, 特别是对乐都气氛的异常变化进行了持续跟踪和分析, 对震中周边 4 级以上地震进行了及时跟踪和

研判, 同时针对 2015 年 12 月 24 ~ 31 日玛沁 $M_L 3$ 有感震群进行了深入分析, 并于 2016 年 1 月 5 日联合甘肃省地震局召开联合会商, 对青海及邻近区域的地震趋势做出了明确判断。在地震后, 青海省地震局预报中心对该地震序列进行了持续的跟踪和分析, 截至 2016 年 8 月, 分析结论基本正确。

结合 2003 年 10 月 25 日民乐—山丹 6.1 级地震短期预报的科学总结(杨立明, 王兰民, 2004)及车用太等(2009)对 2008 年 5 月 12 日汶川 8.0 级地震的异常分析及地震预测认识, 本文尝试从门源 6.4 级地震发生前后的前兆异常跟踪进行回顾性概述、总结和探讨。

1 门源 6.4 级地震前后的震情跟踪分析

在 2016 年 1 月 21 日门源 6.4 级地震发生前后, 青海省地震局预报中心进行了广泛的研判探讨和持续的跟踪。以下将从震前、震时、震后的震情跟踪分析进行概述。

1.1 震前震情跟踪

2015 年 10 月 20 日, 青海省地震局预报中心

^{*} 收稿日期: 2016-08-23.

基金项目: 人社部择优计划项目、中国地震局星火计划(XH16039)联合资助.

年度会商时提取了4项前兆方面异常,分别是德令哈动水位、都兰水温、门源垂直摆倾斜、门源水平摆倾斜,并且全为C类异常,在跟踪过程中,发现观测点受环境干扰较为严重,经持续分析和研究,这4项异常于2015年12月前后陆续被建议降低信度直至取消,但这些异常变化与门源地震的关系仍值得进一步探索。

年度会商时出现的显著背景性异常有:(1)自2010年4月14日玉树7.1级地震发生以来,青海省境内6级地震平静已达67个月,如图1、2所示,1900年以来6级地震平静超过34个月的震例仅有5次;(2)如图3所示,自2003年10月25日民乐—山丹6.1级地震后,祁连地震带6级地震平静已达12年;(3)祁连地震带3级地震低频次。

基于青海省当时的地震活动背景,笔者开展了诸如 b 值时空扫描、震源机制解一致性、波速比、调制比、传统地震学异常参数计算等基础研究工作。对以上参数进行分析研究后,认为在未来一定的时间段内祁连地震带存在发生6级左右地震的危险。因此,借助地质构造的研究成果、历

史地震的迁移分布等背景性依据,将祁连地震带的中东段划为年度重点危险区^①。

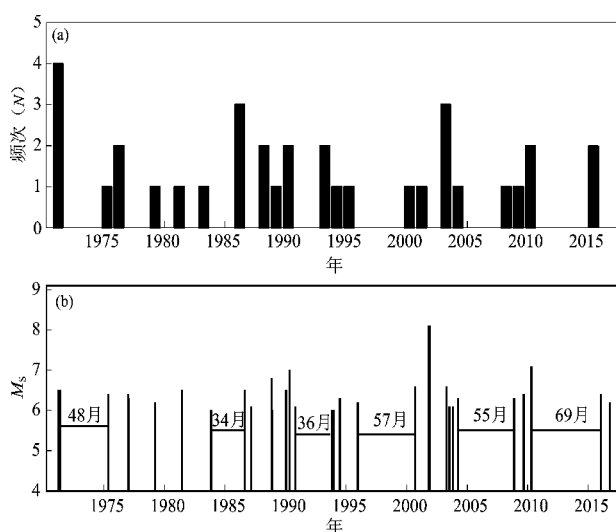


图1 1970年以来青海地区6级以上地震频次(a)及间隔时间 $M-T$ 图(b)

Fig. 1 The seismic frequency (a) and $M-T$ (b) of $M \geq 6.0$ earthquakes in Qinghai Region since 1970

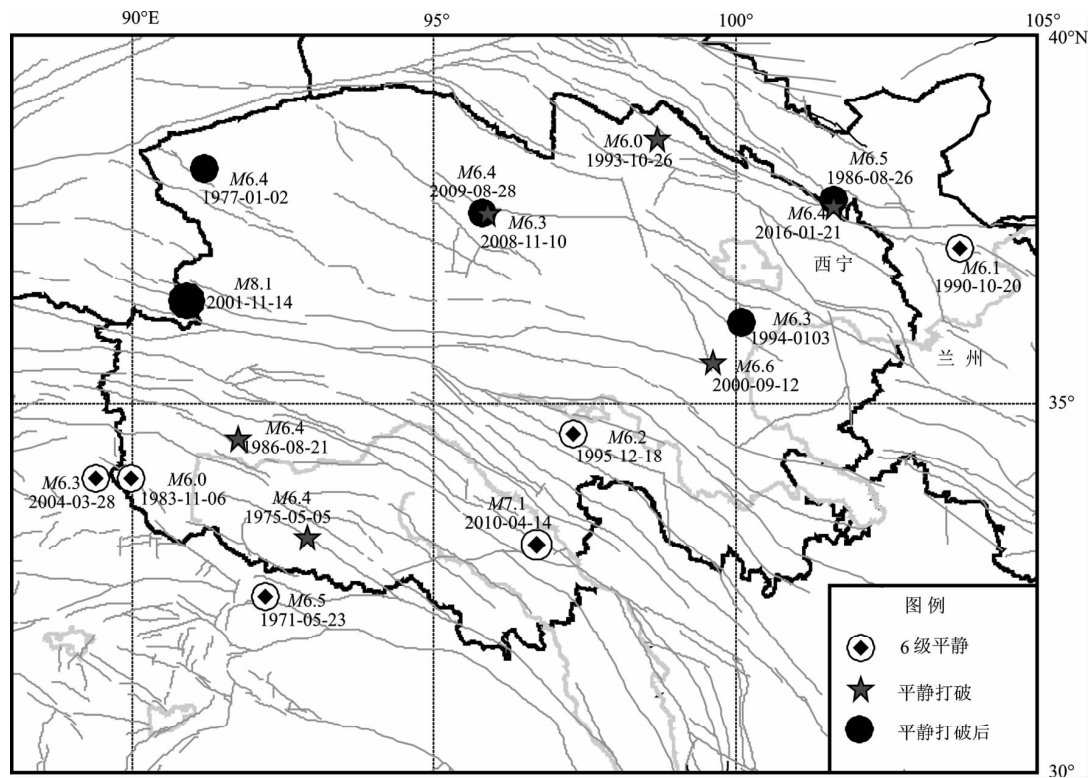


图2 长时间6级地震平静后的地震空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of earthquakes after $M \geq 6.0$ earthquakes calm in long time

① 青海省地震局. 2015. 2016年度青海省地震趋势研究报告.

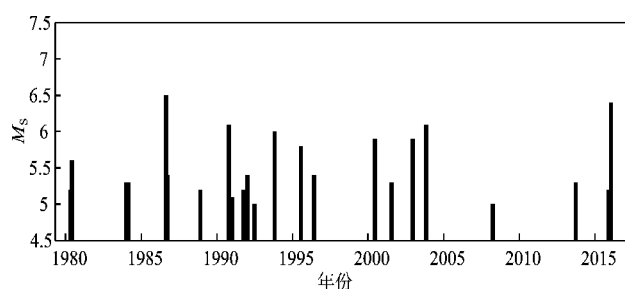


图 3 祁连地震带 1980 年以来 $M \geq 5.0$ 地震 $M-t$ 图

Fig. 3 The $M-t$ diagram of $M \geq 5.0$ earthquakes in Qilian earthquake belt since 1980

2015 年 12 月 3 日, 在南北地震带专题会议中, 很多研究机构也把这个区域划为危险区, 并且多数危险区域与我们所判定的重合, 我们对该区域的关注和跟踪进一步增强。2016 年 1 月 21 日门源 6.4 级地震的发生, 从一定程度上佐证了相关判定的正确。

在震前 4 个月, 前兆异常多以背景性、趋势性及中期异常为主, 然而多数观测点的异常数据都没有经历过地震检验, 即没有可靠震例。从长时间的 6 级地震平静的背景等信息来看, 分析认为 6 级地震即将临近, 但是前兆方面的短临异常却未能非常肯定的被确认, 只进行了密切跟踪和关注。

2015 年 12 月初, 平安静水位发生疑似异常, 但因该测项自 2014 年 7 月才开始观测, 观测时间段很短, 因此仅将其作为不确定变化现象。

2015 年 12 月 19 日, 乐都气氡测值出现了大幅上升, 对该项异常进行现场核实后, 发现该测项邻近年底面临标定, 我们以该异常可能为真实异常为由, 建议推迟仪器标定日期。流体学科研究人员于 2015 年 12 月 24 日和 2016 年 1 月 14 日进行 2 次现场异常核实和取样分析研究。

2015 年 12 月 24 ~ 31 日, 青海省玛沁县大武镇发生了系列有感震群。研究人员快速分析了该区域的震群特征, 给出了近期原地不会发生破坏性地震的结论, 并进行了新闻发布, 为稳定当地社会不安情绪起到了正面的作用, 做到了内紧外松, 并以此为背景加紧分析了其他区域的震情形势。

2016 年 1 月 5 日, 受青海省地震局邀请, 甘肃省地震局派出 3 名专家与青海省地震局预报中心研究人员开展了震情研讨, 分析认为 6 级地震进一步逼近, 并将祁连地震带的重点危险区列为近期

可能发生 6 级地震的重点区域。

2016 年 1 月 14 日下午, 针对接连发生的 1 月 14 日西藏安多 5.3 级、新疆轮台 5.3 级地震及部分前兆数据变化情况, 我们进行省内地震趋势分析, 进一步认为青海省可能面临 6 级强震的危险。

这一系列震前的持续跟踪, 得到了青海省地震局各级领导的充分肯定和支持。自 2015 年 11 月以来, 截至 2016 年 1 月 21 日门源 6.4 级地震发生, 除正常周月会商外, 共进行紧急会商 3 次, 加密会商 3 次, 发布相关工作动态信息 4 次。

1.2 震后震情跟踪

门源 6.4 级地震发生后的 1.5 h 内, 青海省地震局预报中心给出了紧急会商的初步判断并上传信息, 与中国地震台网中心专家及时沟通。震后 2.5 h, 青海省召开新闻发布会, 并对后续地震趋势进行了预测通报, 为平息谣传、安定社会起到了积极的作用。门源 6.4 级地震发生后, 预报中心针对该地震进行了 1 次紧急会商和 6 次加密会商, 对分析判断的正确性奠定了一定的基础, 震后, 中国地震台网中心专家宋治平研究员进行技术援助, 为震后跟踪及研判提供了重要的指导作用。

2 震后前兆异常总结

前兆异常方面, 青海省境内共收集到可能与门源地震有关的异常 3 项, 确认的异常为乐都气氡 (震前经过 2 次现场核实), 另外 2 项异常分别为平安静水位破年变变化、湟源钻孔倾斜的压性变化。平安静水位为疑似异常, 其原因是该测项异常从 2014 年 7 月才开始的, 观测时间段较短, 湟源钻孔倾斜虽然观测时段较长, 但信度较低; 地震活动性方面, 在震前存在 3 项中期异常, 分别为祁连地震带低频次、低 b 值、高 GL 值异常; 背景性异常方面, 震源机制解一致性较高、长时间的 6 级地震平静、强震构造背景、区域断层受 2015 年 4 月 25 日尼泊尔 8.1 级地震影响等; 地球物理场方面, 为跨断层形变、重力梯度、流磁、GPS 等背景性异常。

随着数据的进一步共享, 我们梳理了青海省及邻近区域的前兆数据, 异常台站空间分布及震中距等信息 (图 4、5)。省内前兆所确认的对应异常共 3 项: 乐都气氡 (震中距 140 km)、平安静水位 (震中距 130 km)、湟源钻孔倾斜 (震中距 100

km)。省外收集的前兆异常有 7 项, 全为甘肃省辖区内的分析结果: 中期异常有白银洞体应变 (震中距 250 km)、兰州十里店洞体应变 (震中距 260 km)、清水流量 (震中距 520 km)、嘉峪关气氦 (震中距 370 km)、平凉崆峒台深井观测 (震中距 580 km) 和天水深井观测 (震中距 590 km); 短期异常有寺滩钻孔倾斜 NS 分量 (震中距 203 km)、两水钻孔倾斜 NS 分量 (震中距 558 km); 宏观异常方面收集到的信息有西宁市地震局提供的大通县斜沟水温在震前一天突降现象, 西宁动物园狼等动物在震前几分钟有狂躁行为等。地球物理场方面的跨断层形变、重力梯度、流磁、GPS 等异常得到了进一步的确认。

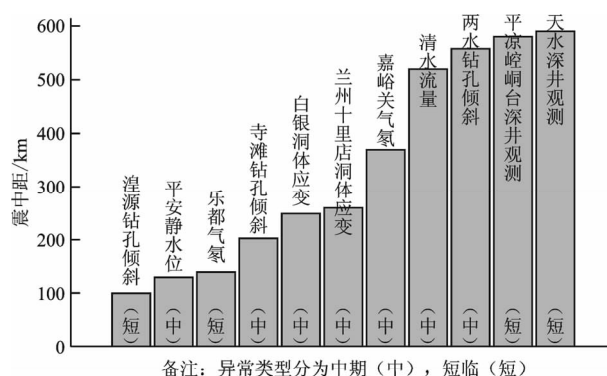


图 4 前兆异常点的震中距

Fig. 4 The epicentral distance of precursory abnormal observation stations

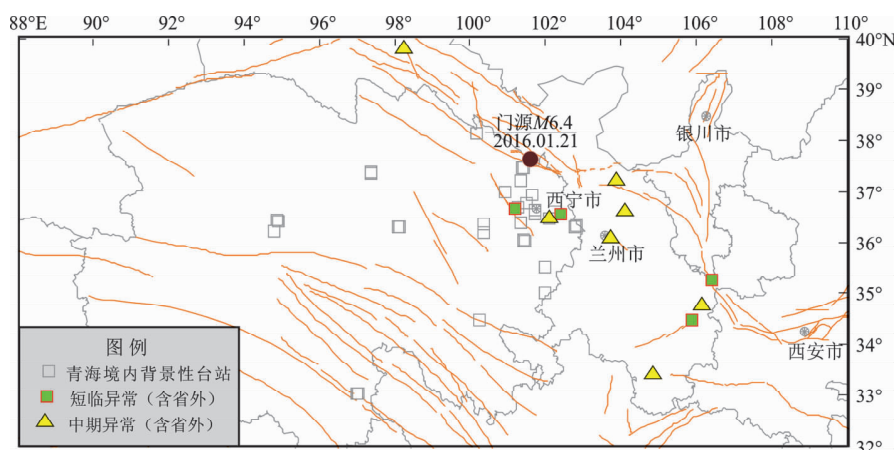


图 5 前兆异常台站空间分布

Fig. 5 The spatial distribution of precursory abnormal observation stations

3 结论与讨论

通过对门源 6.4 级地震震前、震时、震后的测震、前兆等方面的异常进行梳理及回顾总结, 得出了一些经验性的认识:

3.1 结论

从门源 6.4 级地震前后的跟踪分析和响应情况来看, 我们捕捉了一些定性信息, 如活动性、前兆以及综合方面的异常信息。青海省境内 69 个月的 6 级平静应该是最为显著的趋势性依据, 而在震区的低 b 值、低频次、高 GL 等活动性分析方法提取出的异常为我们在空间的确定提供了参考, 乐都气氦、平安静水位等省内异常为我们在时间上分析提供了依据, 但这些前兆异常观测时段较短没有震例, 因此, 这种依据的可跟踪性较弱。

通过对青海省外异常的收集, 发现有很多值

得深入研究的部分, 例如甘肃省地震局提出的 5 项中期异常和 2 项短临异常, 总体来说, 观测点距本次震中的距离较远, 多在 300 km 之外, 跨越了多个断裂和构造, 因此在震前很难将这些异常信息与门源 6.4 级地震相联系。地震发生后的回顾性分析时, 才发现这些变化可能是对应了本次地震的异常。但总体认为, 由于震例太少、外界干扰太多, 常会给合理分析带来较大困难。

3.2 讨论

构造地质、测震学等方面的研究方法在强震的中长期预测方面有着非常重要的指示作用, 但对短临地震预测指示案例较少。因此, 在短临方面, 应该结合地质构造、测震学的分析背景, 对前兆异常进行跟踪和分析。很多震例表明 (张国明, 2001; 杨立明, 王兰民, 2004), 强地震的孕育过程是有前兆的, 关键是如何捕捉这些前兆, 例如手机在不同区域接收信号的强度是不一样的,

那么,地震前兆应该也是这样的,我们观测点是否放在了接收信号最强的部位,这确实是目前全球都面临的难题。

通过对本次地震的跟踪分析,进一步认识到地震的孕育发生是一个极其复杂的过程,涉及到了长趋势的背景、中期的异常现象以及短期的异常变化等方面。因此,需要多学科的综合判断、分析结果的及时更新以及加强与邻近兄弟省局的信息沟通和交流,进而探讨从点、线、面上加强研究跟踪和分析,也许能够在较大地震前发现一些蛛丝马迹的异常。

在邻省前兆异常收集的过程中,得到了甘肃省地震局预报中心多位专家的支持和资料的提供,

在此致以谢意!

参考文献:

- 车用太,鱼金子,刘绍龙. 2009. 汶川地震的异常及地震预测问题[J]. 防灾科技学院学报,11(1):1-4,27.
- 陈运泰. 2007. 地震预测—进展、困难与前景[J]. 地震地磁观测与研究,28(2):1-24.
- 陈运泰. 2009. 地震预测:回顾与展望[J]. 中国科学:地球科学,39(12):1633-1658.
- 屠泓为,杨晓霞,丁宁霞. 2015. 2010 年玉树 $M_s7.1$ 级地震发生背景及预测研究回顾[J]. 高原地震,27(S1):58-62.
- 吴忠良,蒋长胜. 2007. 统计预测、经验预测、物理预测[J]. 中国地震,23(3):211-224.
- 杨立明,王兰民. 2004. 民乐—山丹 6.1 级地震短期预报的科学总结[J]. 西北地震学报,26(1):1-9.
- 张国民,傅征祥,桂燮泰. 2001. 地震预报引论[M]. 北京:科学出版社.

Overview of Tracking of Qinghai Menyuan $M_s6.4$ Earthquake in 2016 and its Post Earthquake Precursor Anomaly Summary

TU Hongwei, WANG Peilin, ZHANG Xiaoqing, MA Zhen, HUANG Hao
(Earthquake Administration of Qinghai Province, Xining 810001, Qinghai, China)

Abstract

Through retrospective summary on the relevant tracing analysis of Menyuan $M_s6.4$ earthquake on Jan. 21, 2016, we extracted the background anomaly, such as $M \geq 6$ earthquakes calm in 69 months before Yushu $M_s7.1$ earthquake on Apr. 14 since 2010, the low-frequency anomaly of $M3.0$ earthquakes in Qilian seismic belt, low b value, high GL value, the consistency of focal mechanism, cross fault deformation etc. However, the confirmed precursory anomaly was that only the gas radon observation value decreased significantly in Ledu Station which is about 140 km from the epicenter since Dec. 19, 2015. Collecting the post-earthquake data, we extracted the two suspected anomalies, such as the static water level in Pingan Station and the borehole deformation in Huangyuan Station in Qinghai Province. Furthermore, we collected 7 medium-term anomalies in Gansu Province, but their epicenter distance is far away. Comprehensive analyzing all the anomalies, we find that it is difficult to do the short-impending prediction in the today's observation process. Its main reason is that the stations are too few, and many instruments after digital transformation almost not record strong earthquakes, and haven't accumulate typical earthquake examples. Therefore, it is suggest that we should communicate anomaly data with more adjacent provinces in the process of earthquake tracing in the future. If it necessary, we could hold a joint consultation to do more reliably analysis on strong earthquake trend.

Key words: Menyuan $M_s6.4$ earthquake; precursor anomaly; earthquake tracking