

青海地震前驱波的短临前兆特征分析

夏玉胜, 马震, 李滔, 崔国信
(青海省地震局, 青海 西宁 810001)

摘要: 查阅了约100个5级以上地震前青海省各台站各类仪器记录的资料, 经排除“疑似前驱波”对确认真实的地震前驱波分析其短临前兆特征, 进而探讨了利用前驱波进行地震短临预报的相关问题。

关键词: 青海; 地震前驱波; 特征; 短临前兆; 地震预报

中图分类号: P315.75

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2010)03-0264-04

Analysis on Characteristics of Earthquake Precursor Waves in Short-impending Term in Qinghai Province

XIA Yu-sheng, MA Zhen, LI Tao, CUI Guo-xin
(Earthquake Administration of Qinghai Province, Xining 810001, China)

Abstract: The data of 100 earthquakes with $M_s \geq 5.0$ recorded by all kinds of instrument in seismic stations in Qinghai province are examined, among them the true earthquake precursor waves are determined. The short-impending precursor characteristics of the waves are analyzed. Some problems in short-impending earthquake forecast by earthquake precursor waves are discussed.

Key words: Qinghai province; Earthquake precursor wave; Characteristic; Short-impending precursor; Earthquake forecast

0 引言

1974年金森博雄报道了美国加州用应变地震仪记录到1960年5月22日智利大地震前15分钟到达的长周期波, 其周期为300~600 s。他认为这种波是主破裂前震源区的巨大而缓慢的形变引起, 称之为前驱波。也有称之为前兆波、异常脉动、蠕动波、形变波、应力波、静地震等^[1]; 冯德益等^[2]提出了粘滑前的预滑与破裂前的预扩展(亚稳态扩展)可能是产生震前长周期波的两类波动源的看法, 并从理论上求解了波传播的运动学和动力学问题; 赵根模等^[3]认为“慢地震”是一种缓慢震源过程, 属于无震断层活动与脆性破裂之间的现象, 运动的时间尺度比正常地震要长的多, 可以辐射长周期弹性波; 另外, 还有许多研究者^[4-11]从不同侧面对此进行了研究报道。

本次工作对青海省有仪器记录以来共计约近百次地震事件的地震前驱波信息进行了查找和摘取, 对疑似地震前驱波(如远震面波、尾波、大风、机械振动干扰等)进行了排除, 最终给出了一些地震前的可确认的地震前驱波及相关参数(如周期、持时、振幅、观测距离和方位等); 通过参阅其他相关研究成果, 对地震前驱波的确认(疑似前驱波排除)、频谱、持时、有效观测空间、传播路径、主要震相、波速、震源过程、地震预报效能、定位等问题进行分析论证。

1 资料收集处理和前驱波的确认

1.1 资料选取

根据青海省地震台网的实际记录情况, 我们选取了1976年有仪器记录以来直至2008年的全部全

球8级以上、全国7级以上和省内5级以上地震,共计约近百次地震事件作为本次工作的资料查找对象。

对每个地震都从震前约20天开始,到地震发生时结束的各台站、各种仪器记录的地震前驱波信息进行了查找和摘取。在排除了疑似地震前驱波的情况下,最终确认出共计不到10例的真实地震前驱波。

1.2 疑似地震前驱波的排除

我们将初动P波不清的远震面波、大风、下雨、机械振动干扰等振动记录通称为疑似地震前驱波,在确认地震前驱波之前,应首先将其排除。疑似地震前驱波具有以下特点^[12]:

- (1) 脉动:一般只有规则正弦波形,周期一致;
- (2) 风动:周期较长,形状不够规则;
- (3) 矿山塌陷振动:十几公里内波形相似于近距离爆破;几十公里到二、三百公里时波形很有规律,周期趋向一致;
- (4) 车辆振动:波形有规律,两头振幅小,中间大,周期不变;
- (5) 下雨:长时间的尖脉冲;
- (6) 初动P波不清的远震面波:对照地震目录和其它仪器图纸确认或排除。

如1994年1月3日共和6.0级地震前有多台DK-1仪图纸发现有大周期的小幅度扰动。经过辨认,同时对比DD-1仪图纸和地震目录,确定其为09时38分到时的一个远震,因震级不太大,故初动P波不清,看到的仅有面波,因此排除其为前驱波的可能。类似的波形其它地震前也偶有发现,通过多方面的对比和辨认,对其一一进行了排除。

2 震例

2.1 2008年5月12日汶川8.0级地震

2008年5月12日14时28分四川汶川8.0级地震之前青海省的乐都水平摆倾斜、玉树水平摆倾斜和玉树钻孔应变、德令哈钻孔倾斜均记录到了长周期前驱波。

(1) 乐都倾斜。乐都水平摆倾斜EW向在5月12日汶川地震前5小时(5月12日9时)出现前驱波(图1),并且在震前2小时内前驱波比较集中。这些波的周期在3~10 min之间,由四组波组成,最后的一组出现在地震前半个小时。乐都台距离汶川8.0级地震震中约620 km,方位NNW。

(2) 玉树钻孔应变、倾斜。玉树钻孔应变EW

分量、水平摆倾斜均在5月12日汶川地震前2小时(5月12日12时)出现前驱波(图2、图3),而且波形非常相似。其中在钻孔应变四个分量中EW分量的记录最为明显,玉树地震台位于汶川地震震中以西约640 km。

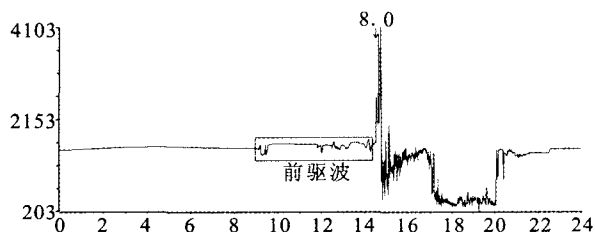


图1 乐都水平摆倾斜观测EW分量

Fig. 1 Curve of EW component of horizontal pendulum tiltmeter recorded in Ledu station.

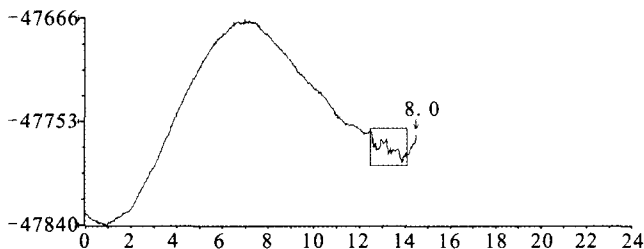


图2 玉树钻孔应变观测EW分量

Fig. 2 Curve of EW component of borehole strainmeter recorded in Yushu station.

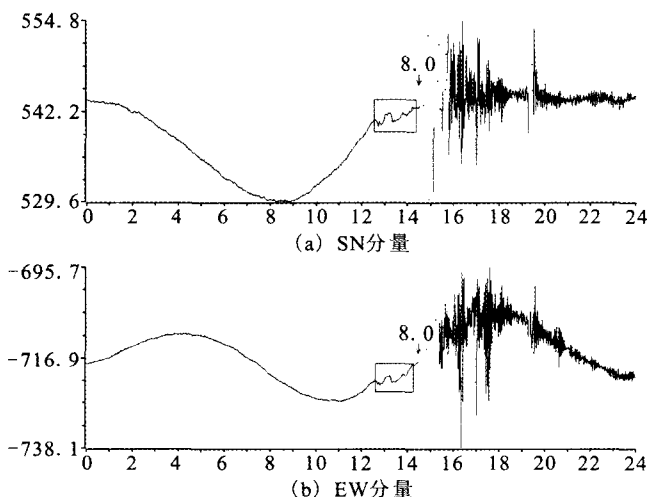


图3 玉树水平摆倾斜观测

Fig. 3 Curves of horizontal pendulum tiltmeter recorded in Yushu station.

(3) 德令哈钻孔倾斜。德令哈钻孔倾斜从2008年4月21日(震前22天)始在日变曲线上陆续地叠加了一些短周期波动,其幅度比潮位日变小很多,判断其可能是汶川8.0级地震前青海地区最

早记录到的地震前驱波(图4),德令哈台的震中距为900 km,方位NW。

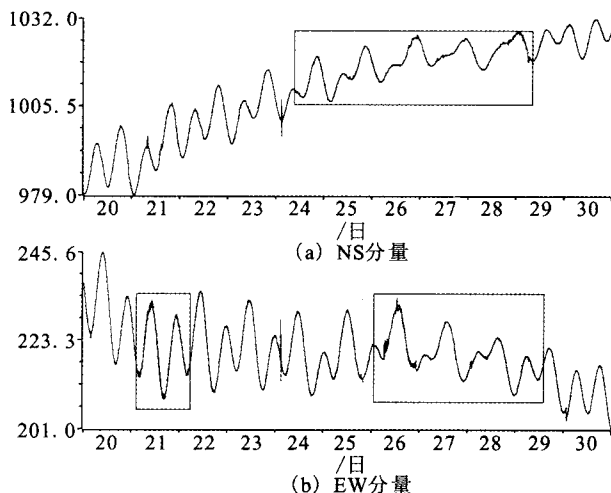


图4 德令哈钻孔倾斜观测

Fig. 4 Curves of borehole tiltmeter recorded in Delingha station.

2.2 2008年8月25日仲巴6.8级地震

2008年8月25日21时22分西藏日喀则地区仲巴县发生6.8级地震。门源台钻孔应变NE分量在震前3天开始共记录到了6组长周期前驱波(图5),地震发生后再未记录到类似的波,门源台处于震中的NE方向,距离震中约1800 km。乐都钻孔应变从震前3小时(2008年8月25日18时)起记录到前驱波(图6),其中NS、EW两分量都比较为明显。乐都台距离震中约1800 km,方位NE。

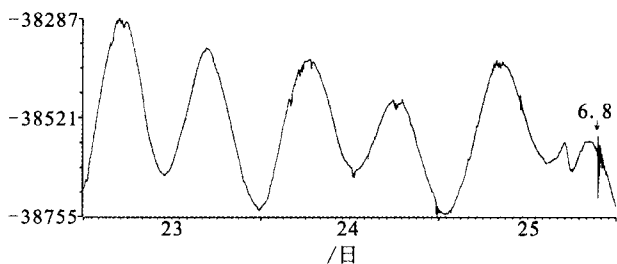


图5 门源钻孔应变观测NE分量

Fig. 5 Curve of NE component of borehole strainmeter recorded in Menyuan station.

3 地震前驱波特征分析

根据本次对青海省各类地震观测资料的收集和分析结果,参阅前人已有的研究成果,下面对地震前驱波的特征进行综合分析。

3.1 地震前驱波的波形特征

在潮位(或背景)变化曲线上断续地叠加上的

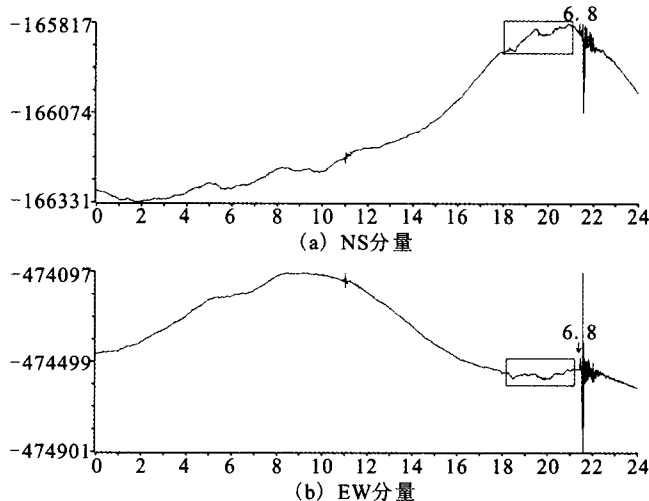


图6 乐都钻孔应变观测

Fig. 6 Curves of borehole strainmeter recorded in Ledu station.

较小周期,但又大于一般地震波周期的波动。波形特征表现为:近区为阶跃或脉冲型,远区为波动型^[2]。

地震前驱波的振幅一般大于背景噪音,小于未来主震振幅,且与主震振幅大小正相关(1/5 ~ 1/20),其能量比主震约小2~3个数量级^[3]。

地震前驱波的谱成分很复杂,频带很宽,很难找到初动,优势周期一般从几秒到几小时不等。传播距离越远,记录周期越短^[2]。

3.2 地震前驱波的观测

能记录到前驱波的仪器手段有:应变仪、倾斜仪、长周期地震仪、重力仪、脉动仪、海岸验潮仪、超低频电磁仪、水位仪、矿井下的低频震动仪、压容式地温仪等。从记录情况看,应变仪和倾斜仪的效果最佳,地震仪效果最差。

冯德益等人的理论研究认为:“由断裂预扩展产生的长周期形变波在断裂端部一定距离处才明显形成”^[2]。同时根据赵根模等人^[3]的统计,前驱波有效观测距离为40~8000 km,小于2000 km的占81%。青海省的资料分析结果也在此空间范围内。从最远8000 km这个数据看,地震前驱波的最大有效观测空间应不超越观测点所在的本半球(因1/4地球弦长约9000 km)。

拥有前驱波的主震震级范围很宽,一般5级以上地震都有发现前驱波的记录,但以大地震为主。

从主震P波到达前至震前数十天都有地震前驱波出现的记录,有一列波动的,也有多列连续波动的。根据赵根模等人的统计,7天内发震可能性占

93%。

3.3 前驱波的传播和震源过程

影响地震动衰减的因素主要有几何扩散和阻尼吸收两项。(1)先考虑几何扩散(R^2 反比)一项,在数千公里处还可记录到,说明这种低能量波的主传播路径不同于体波(自由波),是非几何扩散的(若是几何扩散在如此远处的震动已经弱的记录不到了)。(2)因介质对波的阻尼吸收系数 α 与波频率的平方成正比、与传播速度的3次方成反比,而该波又能长距离传播,说明波衰减较慢(吸收系数小),则它的频率必定很低(与观测事实相符),且传播速度不能很低。

综上所述,远场地震前驱波的主传播路径应与瑞利波和勒夫波雷同,即是沿某些低阻(高导)层内传播的通道波;主要震相应为面波。

地震前驱波可持续(或间断)几十个小时,甚至数十天,说明其震源过程是快于蠕滑、慢于地震的持续(或间断)的中速构造运动。是以应力调整单元为主释放源的慢地震过程。其波源在未来主震震源附近。

3.4 地震对应率与预报问题讨论

一般情况下有前驱波就有强震,但有强震未必一定有前驱波,而且多数强地震前是没有地震前驱波的,可以说地震前驱波是一种充分但不是必要的地震前兆信息。尽管如此,或正因为如此,在地震预报成功率极低的今天利用地震前驱波信息进行短临预报,可能成为实现地震预报很具成效的方法。很关键的问题是必须首先排除疑似地震前驱波,进而确认真实的地震前驱波。

在有效观测空间内,超过地震平均重现期出现的前驱波已经没有什么预报意义,或很难确认其地震归属。如某时出现地震前驱波,数日或十几日内接连在近距离处发生6级地震、中距离处发生7级地震、远距离处发生8级地震,此时,是很难对其进行地震归属的。

因地震前驱波很难找到初动,响应范围很大,不分远近有选择的台点和仪器响应,故很难利用初动进行定位。但从青海部分台点的前驱波记录结果看,台站与震中连线方位的仪器分量记录效果比其它方位要显著一些,或只有该方位的仪器分量才能记录到地震前驱波。故可由多个记录效果显著台站

的仪器分量方位线交汇求源。

4 结语

综上所述,强震前震源体在应力调整过程中确实可以产生一种短临的慢地震波——前驱波。该波主要表现为周期长、频带宽、强度低、衰减慢等特征。不同于一般只能在源区及附近才可观测到的前兆,由于地震前驱波的有效观测空间很大,可充分利用散布在广大空间内的许多观测手段同时对同一地震事件进行前兆监测,这就大大地提高了地震台站的短临前兆监测效能,特别是处于无强震区的前兆观测台站。也可利用其检测到的地震前驱波协助其它缺少前兆观测手段的强震区进行短临预报,尤其可解决无法或很难进行台站架设的广大海域区的地震前兆监控问题。因此这将是一种极有前景的预报手段。

【参考文献】

- [1] 高金哲,吕政,张洪艳,等.地震前驱波观测与进展[J].华南地震,2005,25(1):53-58.
- [2] 冯德益,潘琴龙,郑斯华,等.长周期形变波及其所反应的短期和临震地震前兆[J].地震学报,1984,6(1):41-57.
- [3] 赵根模,杨港生,陈化然.寂静的前震与地震预测[J].地震,2001,21(1):69-77.
- [4] 杨又陵,赵根模,高国英,等.2001年1月14日昆仑山口西M8.1级地震前的缓慢地震事件[J].国际地震动态,2003,(9):1-4.
- [5] 张淑亮,范雪芳.井水位长周期事件记录及其机理的讨论[J].地震,2003,23(4):85-90.
- [6] 郭增建,秦保燕.大震前预位移的讨论[J].西北地震学报,1979,(2):34-40.
- [7] 吴忠良.地震学中的“暗物质”——“静地震”与地震预测研究的未来[J].国际地震动态,2001,(9):1-5.
- [8] 车用太,鱼金子,张淑亮,等.山西朔州井水位的“前驱波”记录及其讨论[J].地震学报,2002,24(2):210-216.
- [9] 冯志生,杨从杰,梅卫萍,等.新沂台地电阻率整点值的远大震前驱波变化[J].地震地磁观测与研究,2003,(4):9-13.
- [10] 张晓清,张晓香,秦松涛.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.
- [11] 张后全,唐春安,贺永年.岩石微破裂进程的自组织临界特征探讨[J].西北地震学报,2006,28(1):1-5.
- [12] 傅淑芳,刘宝诚,李文艺.地震学教程[M].北京:地震出版社,1980.