

# 格尔木地震台记录 2016 年门源 $M_s$ 6.4 地震 震相相关分析\*

李延京<sup>1</sup>, 刘 城<sup>1,2</sup>, 杨广华<sup>2</sup>

(1. 青海省地震局 乐都地震台, 青海 乐都 810700; 2. 青海省地震局 格尔木地震台, 青海 格尔木 816000)

**摘要:** 采用格尔木地震台所记录的地震波形数据对门源  $M_s$  6.4 地震震相进行分析。结果显示: 此次地震的震相符合一般近震特征, 在对地震波形数据处理过程中, 震相有 Pn、Pg、Sn、Sg, 运用单台定位处理方法估测出地震的震源深度为 10 km, 与 Hypoast 定位方法测定结果近似一致, 利用初至波估算出格尔木地震台震中距约为 756 km。

**关键词:** 门源  $M_s$  6.4 地震; 格尔木地震台; 震相; 单台法

**中图分类号:** P315.73

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0666(2016)增刊 1-0128-04

## 0 引言

据中国地震台网正式测定: 2016 年 1 月 21 日 1 时 13 分, 在青海省海北州门源县 ( $37.68^\circ\text{N}$ ,  $101.62^\circ\text{E}$ ) 发生  $M_s$  6.4 地震, 震源深度约 10 km。震后, 地震科研工作者对该震的震源发生机制开展研究分析工作 (胡朝忠等, 2016)。根据灾情发生后的数据统计, 在距门源地震震中 300 km 范围内都有明显震感, 震感明显的城市有: 青海省境内城市祁连县、西宁市、海南藏族自治州、海东市等; 甘肃境内城市有兰州、金昌、武威、张掖、肃南等; 宁夏省境内城市银川等, 因为发震时间在深夜, 地表面的噪音干扰少 (唐小勇, 2011), 所以门源地震发生时, 引起的社会恐慌 (董惠娟, 2006) 和谣传现象, 远超出了地震本身的震感强度。本文根据格尔木地震台记录的门源  $M_s$  6.4 地震基础资料, 分析该地震震相特征 (蔡杏辉等, 2014; 万永芳等, 2008), 就此次地震活动特点、发展趋势等问题进行分析。

## 1 台站概况

格尔木地震台是国家基准地震台之一, 乌图美仁—三湖断裂带经过于此, 该区域多次被划为

重点防御监视区。2001 年 1 月, 该台架设了 JCZ-1 型超宽频带数字地震仪拾震器, 安放在海拔高度 3 121 m 的花岗岩基岩上。所记录的数据连续多年可靠, 台基干扰小, 仪器精度高。信号传输采用中继站无线遥测至台站仪器室, 数模转换器采用 EDAS-24IP 地震数据采集服务器, 其采样频率为 50 Hz ~ DC, 电源采用市电和 UPS 双电源保障机制, 数据网络传输采用有限中继传输方式, 可远程实时监控, 数据上传和下载也很简便。

自测震超宽频带数字地震仪投入使用, 格尔木地震台监控着国内  $M_s \geq 4.0$ 、中国周边地区  $M_s \geq 6.0$ 、国外  $M_s \geq 7.0$  地震的动态, 而且记录波形都很清晰, 也时刻记录着格尔木附近 300 km 范围内  $M_L 1 \sim 3$  小震活动的动向, 是唯一可以记录到昆仑山及可可西里区域小震群活动的地震台。在对 2001 年 11 月 14 日昆仑山口西 8.1 级地震及其余震、2003 年 4 月 17 日德令哈 6.6 级强烈地震 (青海省地震局, 2005) 及其余震的监测过程中发挥了独特和无法替代的作用。

## 2 记录波形数据分析

### 2.1 干扰排除

对格尔木地震台站监测仪器记录的地震波形进行分析, 首先要排除附近环境干扰。对该台干

\* 收稿日期: 2016-08-23.

基金项目: 青海省地震局科学基金 (2015A05) 和青海省地震局政策课题基金 (zc201608) 联合资助。

扰最大的就是附近采石场爆破。通过分析发现: (1) 门源  $M_s6.4$  地震发生在凌晨 1 时 13 分 13 秒, 而格尔木地震台记录初始波到时为 1 时 14 分 38 秒, 垂直方向上首波为 Pn, 水平和南北方向 Sn 震相发育, 利用单台定位计算得出震中距为 617 km, 属于近震范畴, 而采石场距格尔木地震台站监测仪器实际距离为 40 km 左右; (2) 按照实际生产需要, 深夜爆破概率较小; (3) 依据格尔木地震台监测仪器记录的爆破地震数据规律统计得出, 爆破地震的波形持续时间很短 (刘兴盛等, 2013), 从首波到尾波衰减结束, 波形数据持续时间小于 40 s, 综合这 3 点分析, 可得出附近采石场爆破干扰噪声不存在。

## 2.2 门源 $M_s6.4$ 地震波形特征

地震波形中的震相识别是对地震资料分析和数据处理的基础, 对震相特征的研究可以反演出地球内部结构和震源信息。图 1 是格尔木地震台记录的门源  $M_s6.4$  地震原始波形, 截取波形长度为 1 500 s, 该地震波形初动是平缓向上, 而且震相都很清楚, 波形不是很紧密, 这可能与震源所在位置的地质构造层和台站相对位置之间的介质密度有关 (李峰等, 2007)。根据青海省地震台网中心监测到的数据统计, 在主震发生之后, 截至 1 月 21 日 17 时 30 分, 已发生 503 次余震, 最大余震震级为 3.9 级。但之后发生的余震, 格尔木地震台

测震仪都没记录到, 或记录不清楚。

从图 1 可以看到, 首波 Pn 到达之后, 19.55 s 时 Pg 震相明显, 在原始波形中就可以清楚地看到面波的发育程度, 说明该地震的面波在短周期频率中发育明显, 同样在相对应时刻也记录到了 Sn、Sg 震相 (图 2)。震源深度按浅源地震 10 km 设定, 此时我们可以根据在短周期中地震波形测定

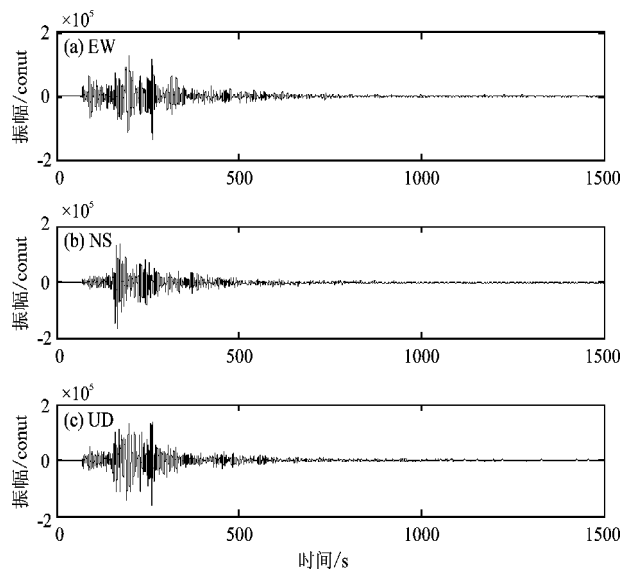


图 1 格尔木地震台记录的门源  $M_s6.4$  地震原始波形图  
Fig. 1 Original waveform of Menyuan  $M_s6.4$  earthquake recorded by Golmud Station

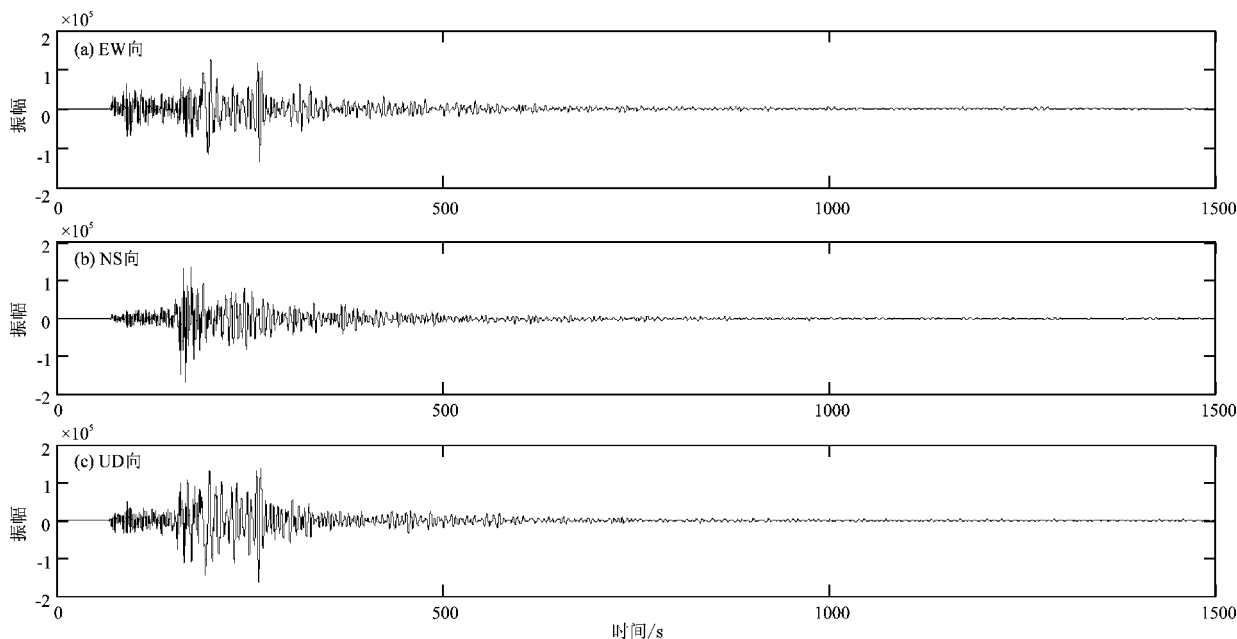


图 2 门源  $M_s6.4$  地震单台仿真波形短周期图

Fig. 2 Short period simulation waveform of Menyuan  $M_s6.4$  earthquake by single station

面波震级。在此次主震波形的中长周期和长周期中,通过对地震波形数据仿真,也可清晰地看到体波发育特征比较明显,在测量面波震级的算法中,刘瑞丰等(2015)提出高频地震波的衰减要远远大于低频的地震波,当地震仪距离震中较远时,这种记录能力就变得有限。但对于震源深度较深的地震波形,在传播的过程中,其面波是不发育的,因为在古登堡和里克特公式中,地震波在远距离的传播过程中 P 波和 S 波是清晰的震相,由于门源  $M_s6.4$  地震是青海区域地震,此时震源深度按浅源地震 10 km 设定,所以我们可以根据体波发育情况来测定体波震级。通过以上 2 种方法,分析地震波形数据,分别进行单台定位生成的数据如表 1 所示。

结合表 1 数据,我们可以很清楚地看到,格尔木地震台记录门源  $M_s6.4$  地震数据,在单台定位中面波震级是  $M_L5.7$  和  $M_s6.0$ ,体波震级是  $M_b5.9$ 。这 2 种方式的震级测定都与国家台网正式测定结果  $M_s6.4$  有些差别。因为单台定位数据就是一个测震台站到震中位置的距离,很难做到精确定位,只有用台网版软件对多台测震仪器记录

到的数据进行定位,才可以得到更准确的地震三要素信息。运用格尔木地震台记录此次门源主震数据资料,接近震震相分析,单台定位出震中距约为 728 km;按远震震相分析,单台定位出震中距约为 784 km。结合 2 种计算方法估算出门源地震与格尔木地震台震中距约为 756 km,门源县距离格尔木市区约为 819 km。根据地图比例尺测算,门源地震震中离格尔木地震台测震山洞直线距离近 668 km。

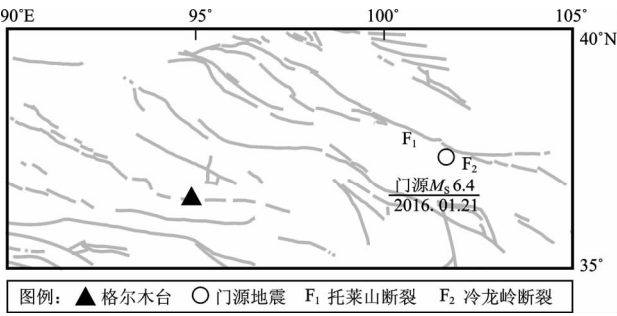


图 3 门源  $M_s6.4$  地震格尔木地震台单台定位点阵图  
Fig. 3 Menyuan  $M_s6.4$  earthquake located by single Golmud Station

表 1 格尔木地震台单台接近震和远震震相定位生成门源  $M_s6.4$  地震参数

Tab. 1 Parameters of Menyuan  $M_s6.4$  earthquake used near and distance earthquakes located by single Golmud Station

定位 类型	发震时间/ 年-月-日	发震时刻/ 时:分:秒	$h/\text{km}$	震级 ( $M_s$ )	震级 ( $M_b$ )	震级 ( $M_L$ )	方位角 ( $^\circ$ )	震中距/ km	震相	分量	日期/ 年-月-日	时刻/ 时-分-秒	振幅	周期/ s
接近 震 震 相 分 析 结 果	2016-01-21	01:13:02.111	10.0	6.0	—	5.7	257.45	728.29	Pn	0	2016-01-21	01-14-38.520	0.0	0.00
									Pg	0	2016-01-21	01-14-56.490	0.0	0.00
									Sn	1	2016-01-21	01-15-54.520	0.0	0.00
									Sg	1	2016-01-21	01-16-08.0	0.0	0.00
									SMN	2	2016-01-21	01-16-12.0	8.6	0.81
									SME	1	2016-01-21	01-16-12.160	5.0	0.83
									LE	1	2016-01-21	01-17-53.210	59.3	5.93
									LZ	0	2016-01-21	01-17-54.730	72.2	5.79
按远 震 震 相 分 析 结 果	2016-01-21	01:12:55.278	10.0	—	5.9	—	256.82	783.89	LN	2	2016-01-21	01-18-07.220	28.1	6.82
									P	0	2016-01-21	01-14-38.520	0.0	0.00
									PMZ	0	2016-01-21	01-14-41.590	6.2	0.61
									pP	1	2016-01-21	01-14-43.310	0.0	0.00
									sP	1	2016-01-21	01-14-44.680	0.0	0.00
									PPMZ	2	2016-01-21	01-14-56.690	9.5	5.89
									S	1	2016-01-21	01-16-00.170	0.0	0.00
									LE	1	2016-01-21	01-17-53.210	59.3	5.93
									LZ	0	2016-01-21	01-17-54.730	72.2	5.79
									LN	2	2016-01-21	01-18-07.220	28.1	6.82

### 3 结论

对格尔木地震台记录到的门源  $M_s6.4$  地震波形及震相数据进行分析, 得到如下结果:

(1) 格尔木地震台测震仪记录门源  $M_s6.4$  地震波形数据较清晰, 完整性较好, 无断计丢失数据情况, 并且波形数据中无其他干扰波形。

(2) 对记录资料数据分析, 该地震主震震相有 Pn、Pg、Sn、Sg。

(3) 在中长周期和长周期中, 体波发育明显。

(4) 运用单台定位处理方法估测出地震的震源深度为 10 km, 与 Hypoast 定位方法测定结果接近一致, 利用初至波估算出格尔木地震台震中距约为 756 km, 震中位置也接近。

### 参考文献:

- 蔡杏辉, 段刚, 张丽娜. 2014. 福建仙游  $M_L5.0$  级地震波形分析[J]. 高原地震, 26(4): 15–20.
- 董惠娟. 2006. 地震灾害与心理伤害的相关性及其心理救助措施研究[D]. 中国地震局地球物理研究所.
- 胡朝忠, 杨攀新, 李智敏等. 2016. 2016 年 1 月 21 日青海门源 6.4 级地震的发震机制探讨[J]. 地球物理学报, 2016(5): 41–44.
- 李峰, 李垠, 薛军荣等. 2007. 湖北随州  $M_L4.7$  地震序列基础资料分析[J]. 大地测量与地球动力学, 27(z1): 56–60.
- 刘瑞丰, 陈运泰, 任泉等. 2015. 震级的测定[M]. 北京: 地震出版社.
- 刘兴盛, 杨积礼, 孙凯等. 2013. 青海门源地震台爆破干扰的分析与甄别[J]. 高原地震, 25(4): 44–47.
- 青海省地震局. 2005. 青海省地震监测志[M]. 北京: 地震出版社.
- 唐小勇. 2011. 新疆地区环境噪声层析成像研究[J]. 地球物理学报, 54(8): 2042–2049.
- 王永芳, 叶东华, 陈大庆. 2008. 广东新丰江地区地震研究[J]. 华南地震, 28(2): 59–63.

## Relevant Analysis for Phase of Qinghai Menyuan $M_s6.4$ Earthquake in 2016 Recorded by Golmud Seismic Station

LIU Yanjing<sup>1</sup>, LIU Cheng<sup>1,2</sup>, YANG Guanghua<sup>2</sup>

(1. Ledu Seismic Station, Earthquake Administration of Qinghai Province, Ledu 810700, Qinghai, China)

(2. Golmud Seismic Station, Earthquake Administration of Qinghai Province, Golmud 816000, Qinghai, China)

### Abstract

Based on the seismic waveforms of the Menyuan  $M_s6.4$  earthquake recorded by Golmud Seismic Station, we analyzed its phase by using phase analytical software. The results show that the phase characteristics of Menyuan  $M_s6.4$  earthquake accord with that of the general near earthquake, which shows Pn、Pg、Sn、Sg phases in the process of seismic waveforms processing. The focal depth is 10 km measured by single station location processing method, which is consistent with the results by Hypoast location method. The epicenter distance of Golmud Seismic Station is 617 km by using of seismic first arrival wave.

**Key words:** Menyuan  $M_s6.4$  earthquake; Golmud Seismic Station; phase; single station method