

2016年1月21日青海门源6.4级地震及相关参数^①

郭安宁¹, 李 鑫², 白雪见¹, 任 栋¹, 郭志宇¹

(1.中国地震局兰州地震研究所,甘肃 兰州 730000; 2.中国机械进出口集团有限公司,北京 100037)

摘要:2016年1月21日青海省门源县发生6.4级地震,这是甘青交界地区自2013年7月22日甘肃岷县漳县地震后发生的最大地震。本文介绍了此次地震的相关参数和基本情况。

关键词:青海门源 M_s 6.4 地震; 情况介绍; 基本参数

中图分类号: TU47

文献标志码:A

文章编号: 1000-0844(2016)01-0150-09

DOI:10.3969/j.issn.1000-0844.2016.01.0150

The Menyuan, Qinghai M_s 6.4 Earthquake on 21 January 2016 and Its Related Parameters

GUO An-ning¹, LI Xin², BAI Xue-jian¹, REN Dong¹, GUO Zhi-yu¹

(1. Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, Gansu, China;

2.China Machinery Import-export Co. Ltd, Beijing 100037, China)

Abstract: A M_s 6.4 earthquake occurred at Menyuan county, Qinghai province, on 21 January 2016. It is the largest earthquake occurred in the border region of Gansu and Qinghai after the Minxian-Zhangxian earthquake on July 22, 2013. In this study, the related parameters and basic situation of the earthquake were introduced.

Key words: the Menyuan M_s 6.4 earthquake in Qinghai; situation introduction; basic parameters

0 引言

2016年1月21日1时13分青海门源发生6.4级地震。青海的门源、西宁,甘肃的金昌市永昌县、金川区,武威市凉州区,张掖市民乐县、山丹县震感强烈,兰州有感,地震对青海门源县、甘肃肃南县造成较大影响。这是甘青地区自2013年7月22日甘肃岷县漳县地震后发生的最大地震(图1)。本文作为监测及震例研究报道,及时收集此次大震产出数据及相关资料,并进行加工,介绍这次地震的基本情况和参数,以期能及时为研究者提供应用。另外对这次地震之前的中期预测也进行了简要介绍,并从文献学角度对历史上门源地震的研究结果进行整理和收集,以供研究者参考之用。

1 地震基本情况

这次地震的震中距离门源县城约35 km,西宁

约110 km左右;距离武威市94 km,永昌县70 km;距离肃南皇城镇33 km,张掖市民乐县120 km。

震中区附近50 km范围内人口密度较小,约为13人/ km^2 ,平均海拔约4 000 m。地震发生在祁连山地震带东段的冷龙岭断裂与托菜山断裂交汇附近(距离小于8 km)。1900年以来震中附近100 km范围内共发生6级以上地震5次,最大地震为1927年5月23日古浪8.0级地震,距离此次地震震中约55 km,最近的一次地震是1986年门源6.5级地震,距离本次地震震中10 km。

2016年1月21日地震的基本参数见表1。

2 地震基本参数及相应基础图件

(1) 主震位置及断裂、震中、台站位置图(图2~图4);

① 收稿日期:2016-02-04

作者简介:郭安宁,男,研究员,硕士生导师,从事地震预测、构造物理及震害预测的研究工作。

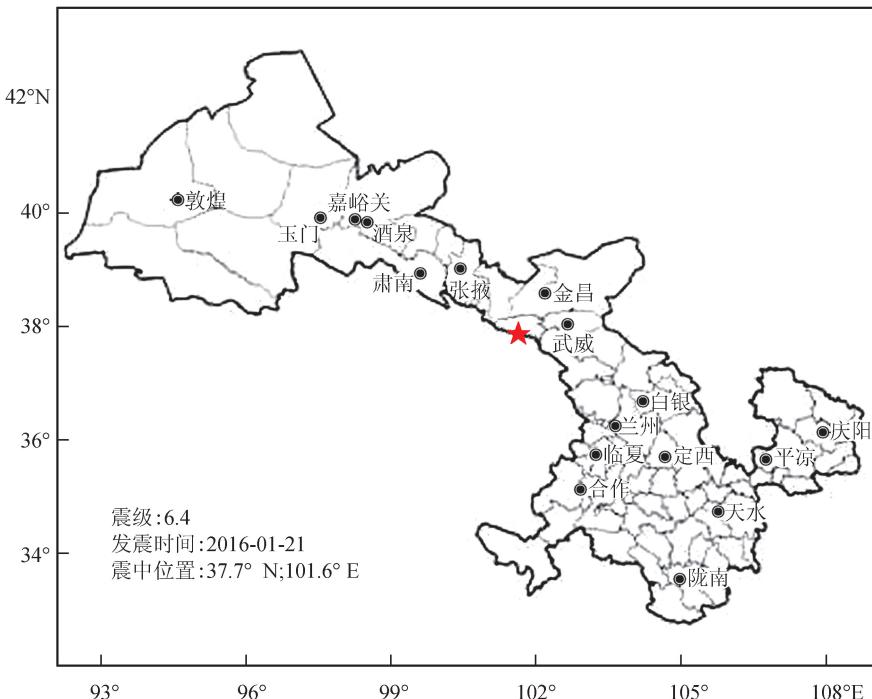


图1 主震位置(甘肃与青海交界地区)

Fig.1 Location of the main shock (the border of Gansu and Qinghai)

表1 地震基本参数

Table 1 Basic parameters of the earthquake

发震时刻	震级	纬度/(°)	经度/(°)	深度/km	参考地名
2016-01-21 T01:13:13.0	6.4	37.68	101.62	10	青海海北州门源县

资料来源:中国地震台网中心

(2) 主震震源机制(图5);

另外,美国地质调查局(USGS)所得震源机制解结果见表2、3及图6。

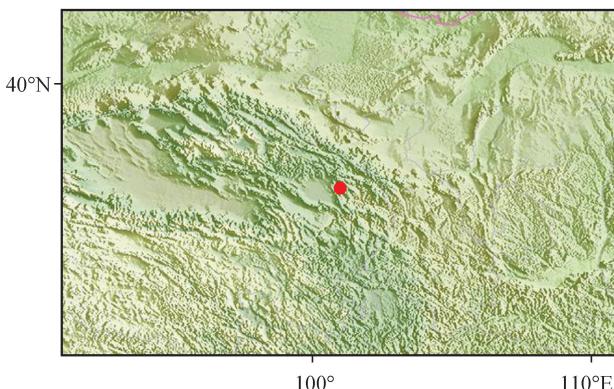


图2 2016年1月21日青海省门源6.4级地震卫星地貌图位置

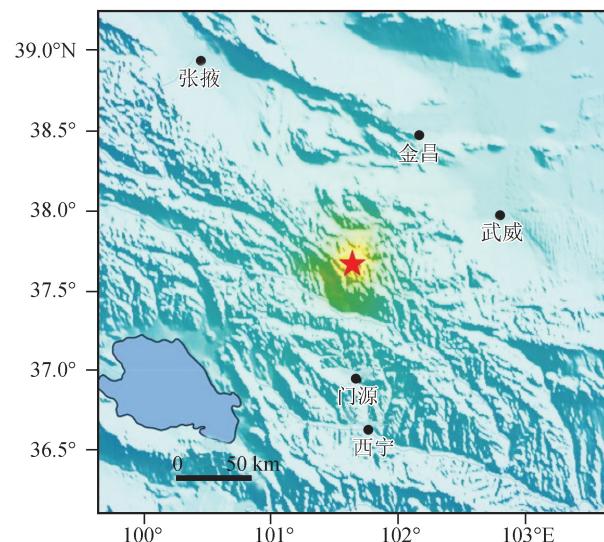
Fig.2 The position of Menyuan, Qinghai M_S 6.4 earthquake on January 21, 2016 in satellite geomorphologic map

图3 门源6.4级地震在卫星地貌上的位置[据USGS(美国地质调查局)报道]

Fig.3 The position of Menyuan, Qinghai M_S 6.4 earthquake on January 21, 2016, in satellite geomorphologic map [reported by USGS(United States Geological Survey)]

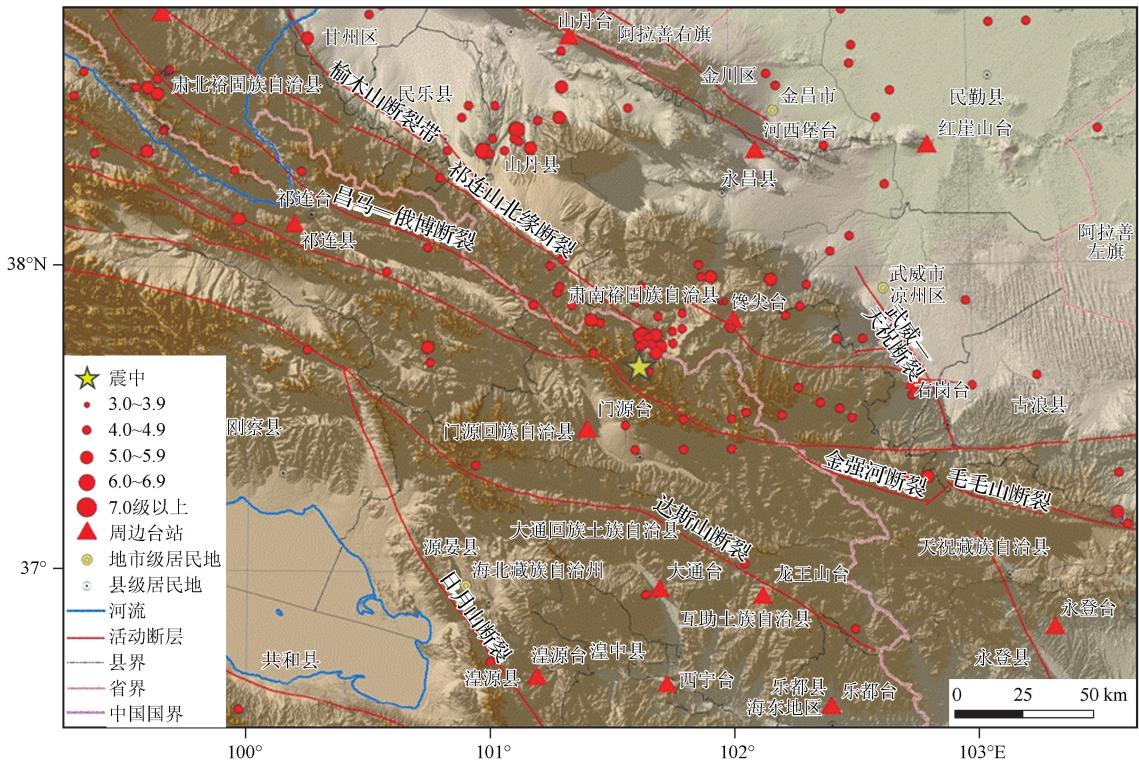
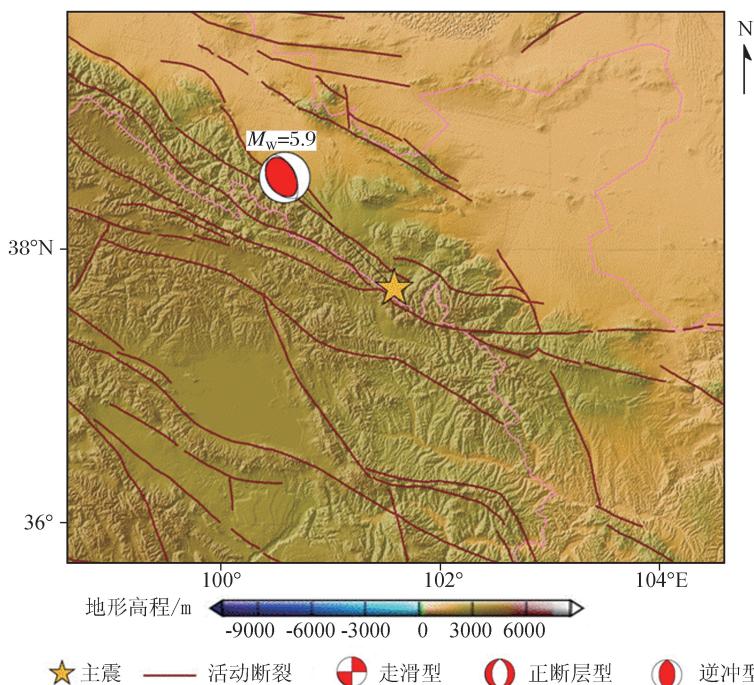


图 4 主震位置及断裂、震中、台站位置图

Fig.4 Location of the main shock, faults, epicenter, and steations



发震时刻 (北京时间)	经度 /(°)	纬度 /(°)	节面 I /(°)		节面 II /(°)		矩震级 M_w	质心深度 /km
			走向	倾角/滑动角	走向	倾角/滑动角		
2016-01-21 01:12:13	101.58	37.72		335/56/97		143/35/80	5.9	8

地震类型(初判):逆冲型为主

图 5 2016 年 1 月 21 日青海门源 $M_w 5.9$ 地震震源机制解

Fig.5 The focal mechanism solution of Menyuan, Qinghai M_w 5.9 earthquake on January 21, 2016

表2 震源机制节点平面参数(USGS)

Table 2 Nodal plane parameters of the focal mechanism of USGS

Plane 平面	走向/(°)	倾角/(°)	滑动角/(°)
NP1	342	55	101
NP2	144	36	75

表3 震源机制所得主轴参数图(USGS)

Table 3 Principal axis parameters of the focal mechanism of USGS

轴	数值	倾伏角/(°)	方位角/(°)
T	7.065	77	287
N	1.041	9	156
P	-8.106	10	65

(3) 余震精定位图(图7);

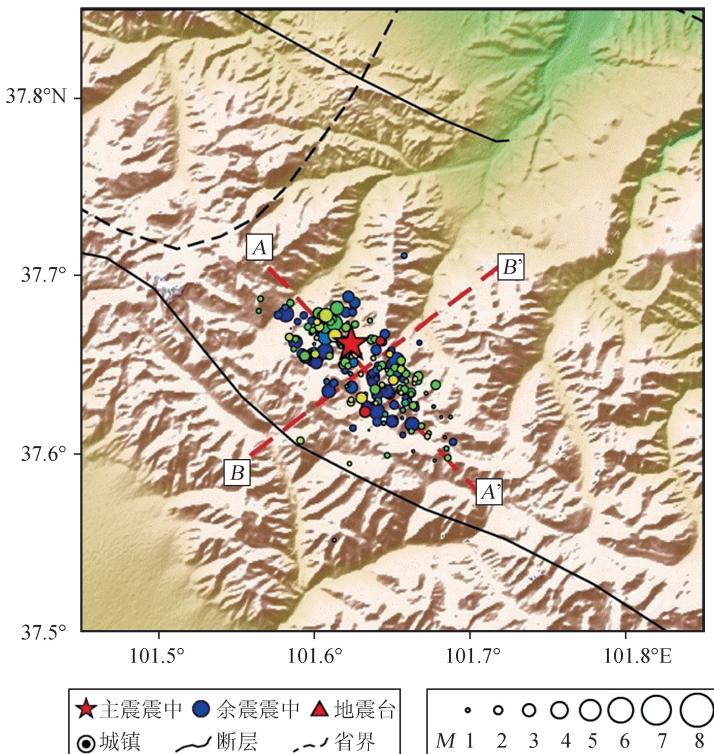


图7 余震精定位图

Fig.7 The accurate location of aftershocks

(4) 主震-余震震级-时间(M-T)图(图8);

(5) 发震构造图(图9);

本次地震震中位于冷龙岭断裂附近。冷龙岭断裂是全新世的左旋走滑兼逆断层,断裂走向近NW。推测发震断裂为武威—明乐盆地西缘的民乐一大马营断裂之间的一条逆断层。

(6) 构造应力场图(图10);

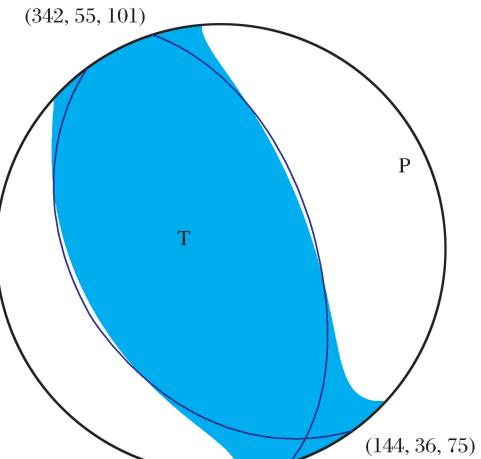


图6 USGS所得震源机制结果

Fig.6 The focal mechanism solution obtained by USGS

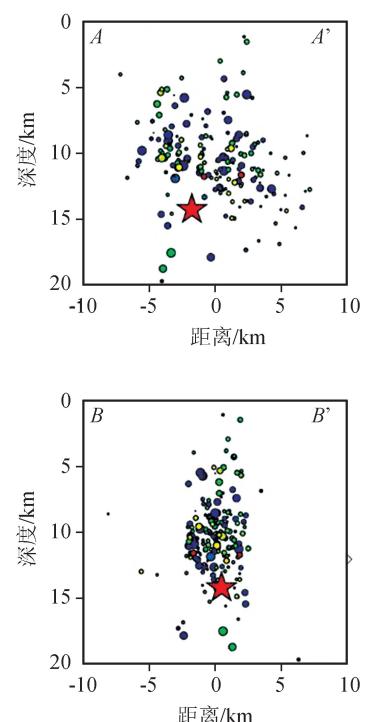


图7 余震精定位图

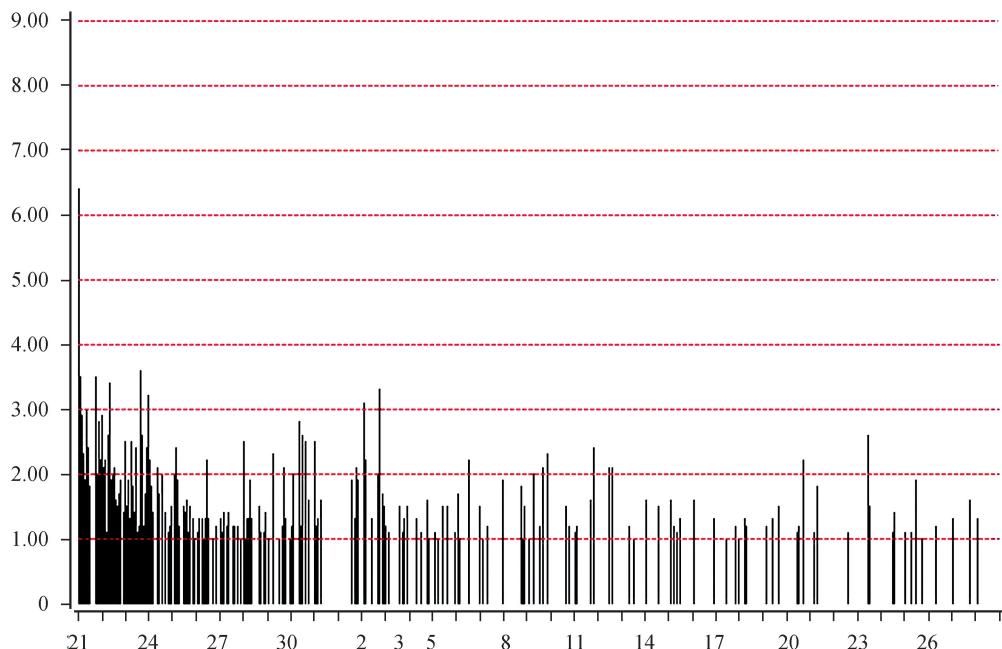
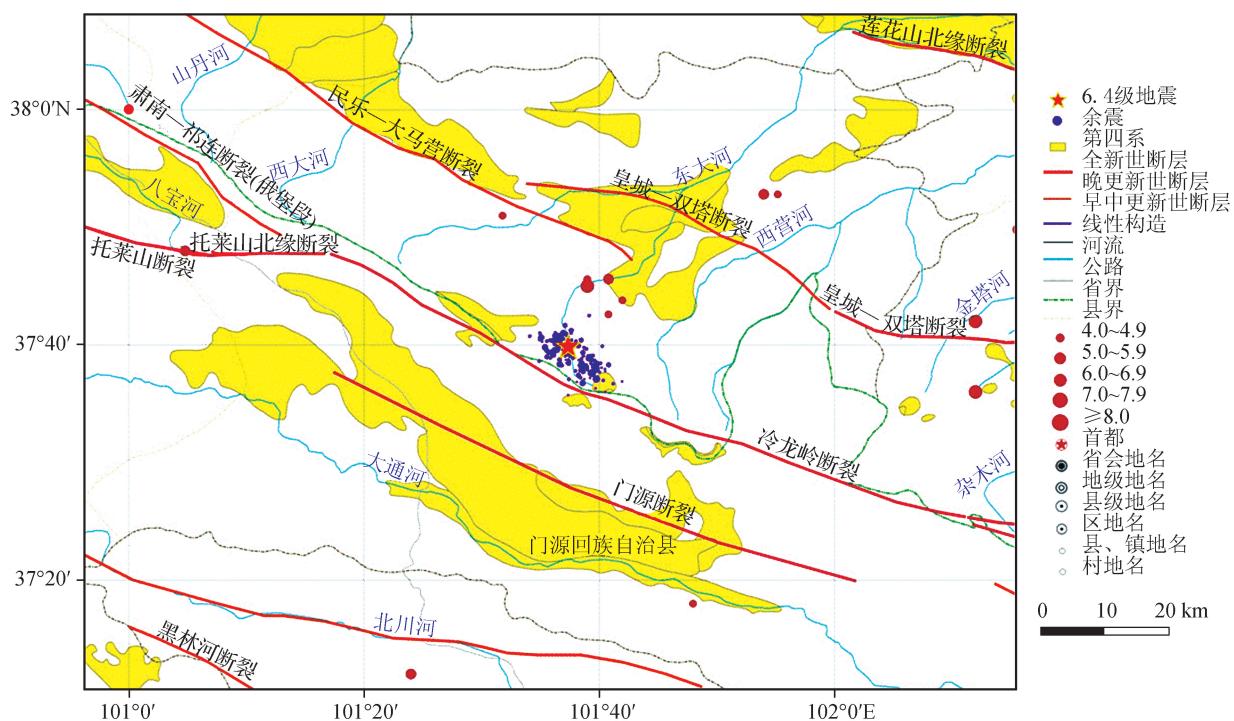
(7) GCMT历史矩张量分布图(图11)。

3 峰值加速度与烈度分布(图11~12)

4 资料来源

图1、主震位置(甘肃与青海交界地区):甘肃省地震局网站综合信息报道;

图2、2016年1月21日青海省门源6.4级地震

图 8 震级-时间 ($M-T$) 图Fig.8 Magnitude-Time ($M-T$) figure

2016年1月21日在青海省海北州门源县(北纬 37.68° ,东经 101.62°)发生6.4级地震,震源深度10 km。地震震中位于冷龙岭断裂附近。冷龙岭断裂是全新世的左旋走滑兼逆断的断裂,断裂走向近西北。推测发震断裂为武威—明乐盆地西缘的民乐—大马营断裂之间的一条逆断层。

图 9 2016 年 1 月 21 日青海门源 6.4 级地震发震构造图

Fig.9 The causative structure of Menyuan, Qinghai M_S 6.4 earthquake on January 21, 2016

卫星地貌图位置;

图 3、门源 6.4 级地震在卫星地貌上的位置[据
USGS(美国地震信息中心)报道];

图 4、主震位置及断裂、震中、台站位置图:中国
地震台网中心;

图 5、2016 年 1 月 21 青海门源 M_w 5.9 地震震

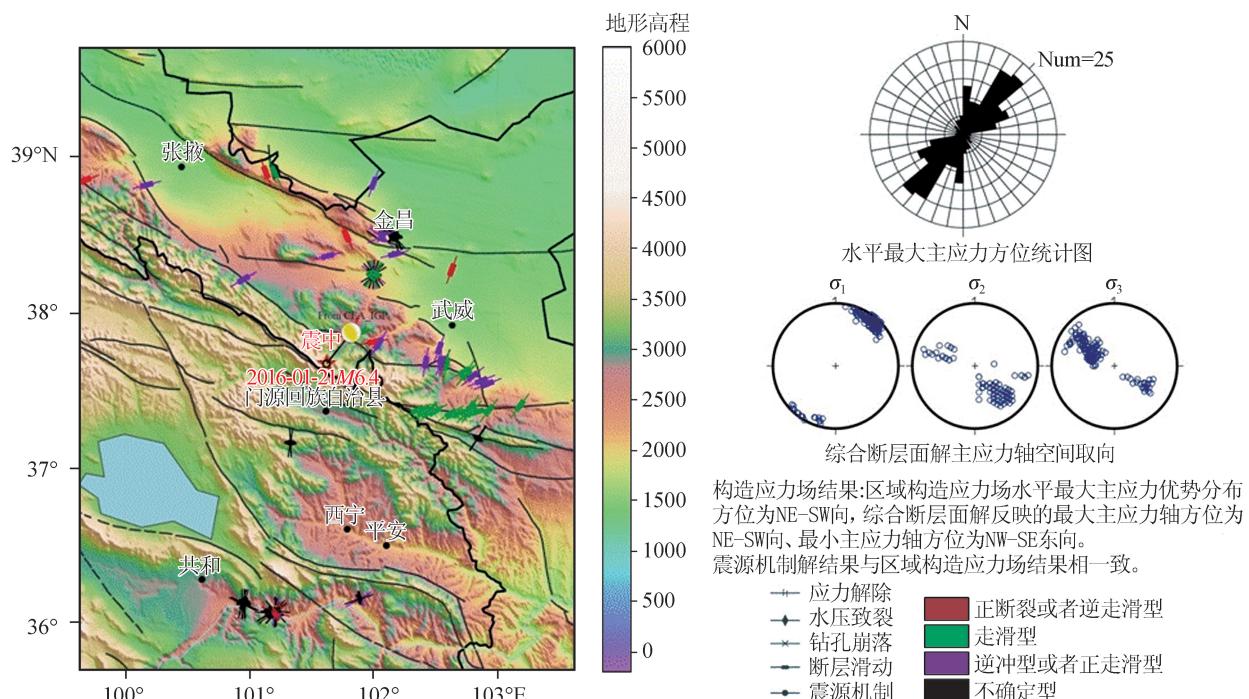


图 10 2016年1月21日青海门源6.4级地震构造应力场图

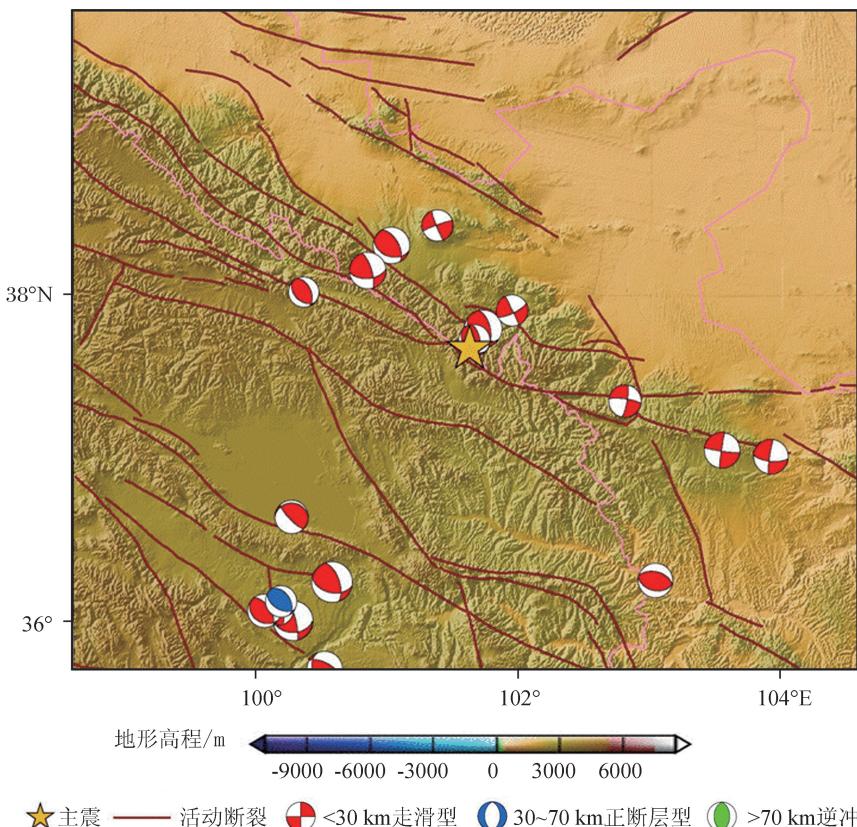
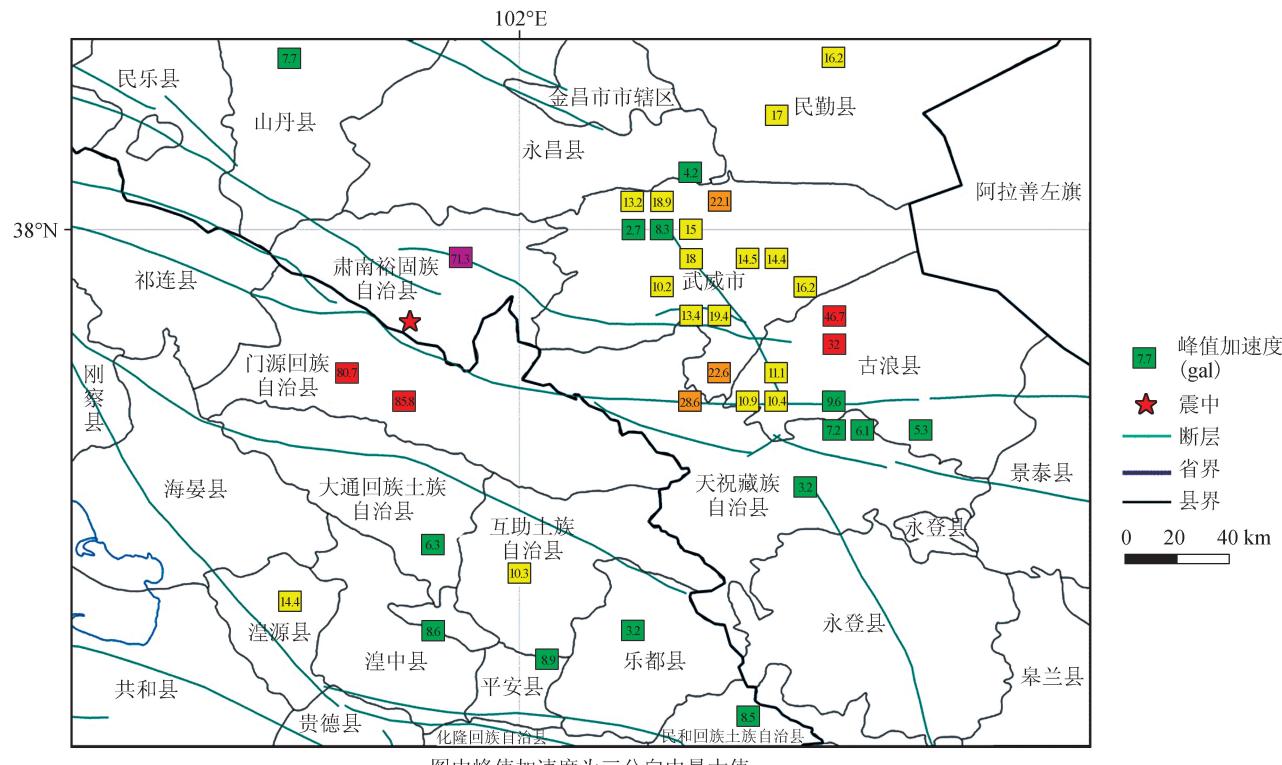
Fig.10 The tectonic stress field of Menyuan, Qinghai M_s 6.4 earthquake on January 21, 2016

图 11 2016年1月21日青海门源6.4级地震GCMT历史矩张量分布图

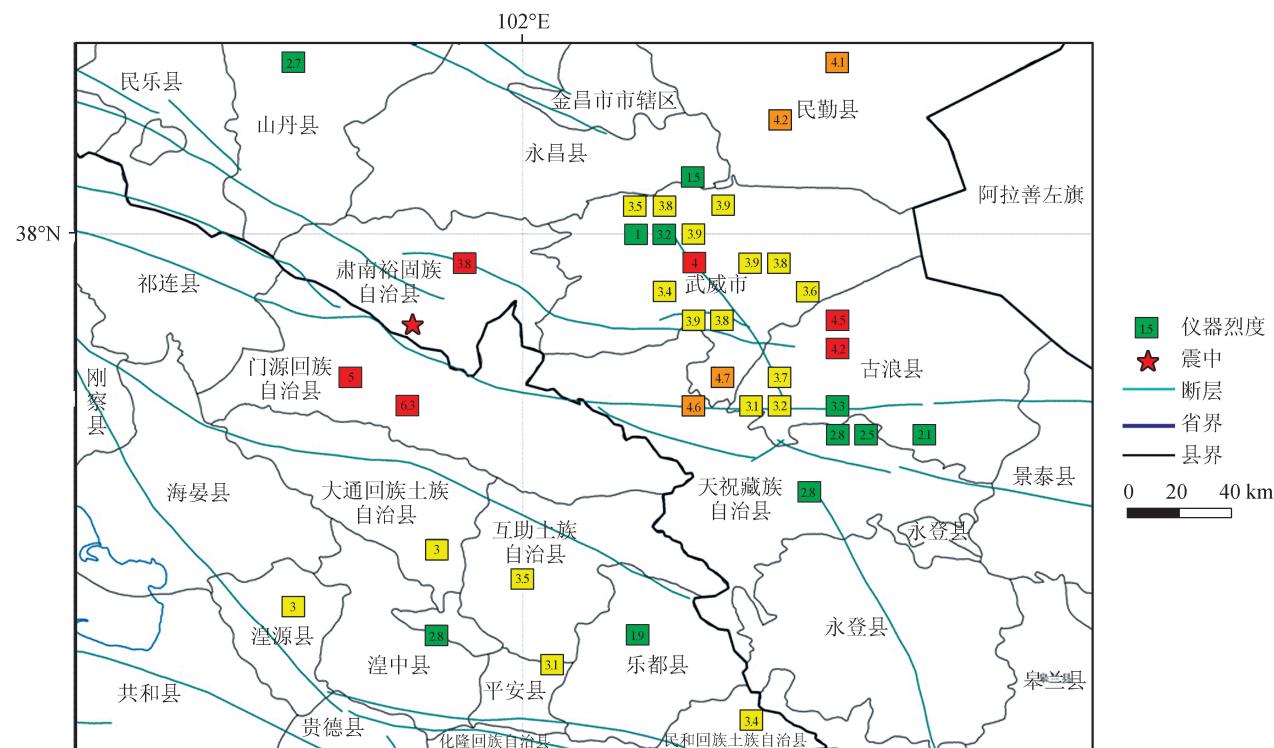
Fig.11 The GCMT historical moment tensor distribution map of Menyuan, Qinghai M_s 6.4 earthquake on January 21, 2016



图中峰值加速度为三分向中最大值

图 12 2016 年 1 月 21 日青海门源 6.4 级地震峰值加速度分布图 (V2.0 版)

Fig.12 The peak acceleration distribution map of Menyuan, Qinghai M_S 6.4 earthquake on January 21, 2016 (V2.0)



仪器地震烈度采用中震测发[2015]18号暂行计算

图 13 2016 年 1 月 21 日青海门源 6.4 级地震仪器烈度分布图 (V2.0 版)

Fig.13 The instrumental seismic intensity distribution map of Menyuan, Qinghai $M_{S}6.4$ earthquake on January 21, 2016 (V2.0)

源机制解——中国地震台网中心台网部应急组,图件中地震目录来源:国内(CENC)国外(NEIC),数据来源:CSN GSN GE E,赵旭绘制图;

图6、USGS所得震源机制结果;

图7、余震精定位图——中国地震局地球物理研究所房立华、王未来、吴建平;

图8、震级-时间($M-T$)图——中国地震信息网站原图如此。余震情况为:截止2016年1月21日15时00分共记录到余震总数为490个,其中5.0~5.9级地震0个,4.0~4.9级地震0个,3.0~3.9级地震1个;

图9、2016年1月21日青海门源6.4级地震发震构造图——中国地震局地质研究所国家活断层研究中心徐锡伟、于贵华、吴熙彦,其中余震精定位数据来源于中国地震局地球物理研究所房立华;

图10、2016年1月21日青海门源6.4级地震构造应力场图——中国地震局地壳应力研究所;

图11、2016年1月21日青海门源6.4级地震GCMT历史矩张量分布图——中国地震台网中心台网部应急组;

图12、2016年1月21日青海门源6.4级地震峰值加速度分布图(V2.0版)——中国地震局工程力学研究所国家强震动台网中心,投影方式:WGS-84,其中数据来源得到青海省地震局、甘肃地震局上报强震动数据52组的支持;

图13、2016年1月21日青海门源6.4级地震仪器烈度分布图(V2.0版)——中国地震局工程力学研究所李山有课题组,图件由李继龙、杨程、马强绘制,投影方式及数据来源同图12。

5 讨论

门源6.4级地震发生在被甘肃划定为重点监测危险区的祁连山中东段的周边。在该地区发生如此强度的地震并不意外,它是在2013年7月22日甘肃岷县漳县地震后活动起来的,该地区上一次类似强度的地震是1986年发生的6.5级地震,自此以后一直平静。

在2013年发表的文献[1]中,我们用静中动方法注意到了门源及其周围150 km范围内,若再结合地震带与强震构造指标,强震可能发生在这些带与段上,应该说在区域上预测较为准确,同时进一步指出三性法对时间的分析也在目前时段,应进一步注意和研究。紧接着在2013年9月20日5:37:1,甘肃省张掖市肃南裕固族自治县和青海省门源县交

界($37.7^{\circ}\text{N}, 101.5^{\circ}\text{E}$)发生 $M_{\text{s}}5.1$ 地震,但这次地震的强度显然不够,因而又对本地区的强震再次用三性法做出预测,预测的时间点是在2014年前后一年,即2014年与2015年,地震发生在2016年初,可见时间是在预测准确的基础上又有误差,另外震级还未达到预测估计的强度。从静中动与三性法而言,下一次地震最大可能是在2019年,在此时因段内发震可能性相对较小。静中动方法,详见文献[2-5]。

论文最后将有关门源地震相关研究的部分文献收集并列于参考文献[6-22],以供研究者能快速查阅。

参考文献(References)

- [1] 郭安宁,李鑫,赵乘程,等.2013年芦山7.0级地震一年尺度预测的回顾性研究——基于三性法、静中动和垂震底迹模式[J].地震工程学报,2013,35(2):257-265.
GUO An-ning, LI Xin, ZHAO Cheng-cheng, et al. Retrospective Study on One-year Prediction for 2013 Lushan $M_{\text{s}}7.0$ Earthquake[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2013, 35(2):257-265.(in Chinese)
- [2] 郭增建,陆鸣,李革平,等.青海7级以上大地震发生时间特点的研究[J].西北地震学报,2006,28(1):92-94.
GUO Zeng-jian, LU Ming, LI Ge-ping, et al. Study on the Temporal Regularity of Large Earthquake ($M \geq 7$) Occurrence in Qinghai Province [J]. Northwestern Seismological Journal, 2006, 28(1):92-94.(in Chinese)
- [3] 郭增建,郭安宁.用非传统方法回顾性讨论2008年3月21日新疆于田7.3级地震的预测[J].西北地震学报,2009,31(1):102.
GUO Zeng-jian, GUO An-ning. Reviewing Discussion on the Prediction of Yutian $M_{\text{s}}7.3$ Earthquake in Xinjiang on March 21, 2008, by Nontraditional Prediction Method[J]. Northwestern Seismological Journal, 2009, 31(1):102.(in Chinese)
- [4] 郭增建,郭安宁,张炜超,等.甘肃岷县漳县6.6级地震发生日期的触发因素分析及对短临预测方法的思考[J].地震工程学报,2013,35(3):413-418.
GUO Zeng-jian, GUO An-ning, ZHANG Wei-chao, et al. Analysis of Trigger Factors of Minxian-Zhangxian $M_{\text{s}}6.6$ Earthquake Occurrence Date and Short-impending Prediction Methods[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2013, 35(3):413-418.(in Chinese)
- [5] 郭安宁,郭志宇,赵乘程,等.2013年甘肃岷县漳县 $M_{\text{s}}6.6$ 地震及短临前兆的显现[J].地震工程学报,2015,37(4):981-985.
GUO An-ning, GUO Zhi-yu, ZHAO Cheng-cheng, et al. Minxian-Zhangxian $M_{\text{s}}6.6$ Earthquake in Gansu (2013) and Its Short-term and Impending Precursors [J]. China Earthquake Engineering Journal, 2015, 37(4):981-985.(in Chinese)
- [6] 张少泉,武利均,郭建明,等.中国西部地区门源—平凉—渭南地震测深剖面资料的分析解释[J].地球物理学报,1985,28

- (5):460-472.
- ZHANG Shao-quan, WU Li-jun, GUO Jian-ming, et al. An Interpretation of the Dss Data on Menyuan—Pingliang—Weinan Profile in West China[J]. Acta Geophysica Sinica, 1985, 28(5): 460-472. (in Chinese)
- [7] 刘照祥,朱小川,姚智慧.青海省门源地震构造背景遥感分析[J].国土资源遥感,1992(4):29-33.
- LIU Zhao-xiang, ZHU Xiao-chuan, YAO Zhi-hui. The Analysis of the Structure Background for Menyuan Earthquake with Remote Sensing Method in Qinghai Province[J]. Remote Sensing For Land & Resources, 1992(4):29-33. (in Chinese)
- [8] 王椿镛,林中洋,陈学波.青海门源—福建宁德地学断面综合地球物理研究[J].地球物理学报,1995,38(5):590-598.
- WANG Chun-yong, LIN Zhong-ying, CHEN Xue-bo. Comprehensive Study of Geophysics on Geoscience Transect from Menyuan, Qinghai Province, to Ningde, Fujian Province, China[J]. Acta Geophysica Sinica, 1995, 38(5): 590-598. (in Chinese)
- [9] 张雅玲,马文静.青海及邻近地区几次地震前地震活动异常的探讨[J].高原地震,1993,5(1):42-50.
- ZHANG Ya-ling, MA Wen-jing. Approach on Seismicity Anomaly before Some $M_s \geq 6.0$ Earthquake in Qinghai Province and Its Adjacent Area[J]. Earthquake Research in Plateau, 1993, 5(1): 42-50. (in Chinese)
- [10] 郑文卿,王慧玉,张淑兰.门源地震的地应力前兆现象研究[J].西北地震学报,1988,10(4):79-82.
- ZHENG Wen-qing, WANG Hui-yu, ZHANG Shu-lan. The Precursory Anomalies of the Earth Stress before the Menyuan Earthquake[J]. Northwestern Seismological Journal, 1988, 10(4): 79-82. (in Chinese)
- [11] 苏旭,马文静.门源地倾斜异常的深入分析[J].高原地震,1996,8(4):33-39.
- SU Xu, MA Wen-jing. Study on Anomalies of Menyuan Ground Tilt[J]. Earthquake Research In Plateau, 1996, 8(4): 33-39. (in Chinese)
- [12] 李丽,赵淑梅,胡爱真.门源地倾斜的前兆特征分析[J].高原地震,1999,11(4):37-41.
- LI Li, ZHAO Shu-mei, HU Ai-zhen. Analysis on Precursory Characteristics of Ground Tilt in Menyuan[J]. Earthquake Research In Plateau, 1999, 11(4): 37-41. (in Chinese)
- [13] 李海华,张文孝,张勇利,等.门源 6.4 级强震前地震活动时间的分维结构[J].西北地震学报,1987,9(4):15-20.
- LI Hai-hua, ZHANG Wen-xiao, ZHANG Yong-li, et al. The Temporal Fractal Structure of Small Seismic Activity before the Menyuan Earthquake ($M = 6.4$) [J]. Northwestern Seismological Journal, 1987, 9(4): 15-20. (in Chinese)
- [14] 于建民,袁铭,吉备,等.门源 6.4 级地震前后区域形变背景初析[J].西北地震学报,1987,9(4):84-87.
- YU Jian-min, YUAN Ming, JI Bei, et al. A Preliminary Study on the Backgroud of Reglonal Deformation of the Menyuan Earthquake ($M = 6.4$) [J]. Northwestern Seismological Journal, 1987, 9(4): 84-87. (in Chinese)
- [15] 李佐唐.门源 6.4 级地震前后加卸载相应比的异常变化[J].西北地震学报,1997,19(4):47-50.
- LI Zuo-tang. Abnormal Variation of the Load/Unload Response Ratio before and after the Menyuan $M_s 6.4$ Earthquake [J]. Northwestern Seismological Journal, 1997, 19(4): 47-50. (in Chinese)
- [16] 都昌庭,徐兰芬,冀金梅.门源 6.4 级、共和 7.0 级地震前后波速比变化特征[J].高原地震,1997,9(2):40-45.
- DU Chang-ting, XU Lan-fen, JI Jin-mei. Variation Features of Seismic Wave Velocity Ratio before Menyuan $M_s 6.4$ and Gonghe $M_s 7.0$ Earthquakes[J]. Earthquake Research in Plateau, 1997, 9(2): 40-45. (in Chinese)
- [17] 巩守文.门源、江口地震的断层形变前兆分析[J].地震,1992, 1:34-40.
- GONG Shou-wen. Analysis of Fault Deformation Precursors of Menyuan and Jiangkou Earthquakes[J]. Earthquake, 1992, 1:34-40. (in Chinese)
- [18] 韩友珍,毛可.门源、共和地震前甘青交界地区浅层地温异常时空分布特征[J].西北地震学报,1993,15(4):30-35.
- HAN You-zhen, MAO Ke. The Space-Time Distribution Features of Shallow Geotemperature Anomaly in the Boundary Regions between Qinghai and Gansu Provinces before the Menyuan and Gonghe Earthquakes[J]. Northwestern Seismological Journal, 1993, 15(4): 30-35. (in Chinese)
- [19] 陈兵,江在森,张四新,等.1986 年门源地震($M_s 6.4$)过程地形变演化特征及块体模型解析[J].西北地震学报,2003,25(3): 240-245.
- CHEN Bing, JIANG Zai-sen, ZHANG Si-xin, et al. Deformation Features of Menyuan Earthquake ($M_s 6.4$, 1986) and Block Model Analysis[J]. Northwestern Seismological Journal, 2003, 25(3): 240-245. (in Chinese)
- [20] 阎志德,张诚,肖丽珠,等.1986 年 8 月 26 日门源地震序列特征[J].西北地震学报,1987,9(2):89-93.
- YAN Zhi-de, ZHANG Cheng, XIAO Li-zhu, et al. The Sequence Characteristics of Menyuan Earthquake on Aug. 26, 1986[J]. Northwestern Seismological Journal, 1987, 9(2): 89-93. (in Chinese)
- [21] 汪进,秦保燕,董奇珍.1986 年 8 月 26 日门源 6.4 级地震破裂过程研究[J].华北地震科学,1992,10(2):25-33.
- WANG Jin, QIN Bao-yan, DONG Qi-zhen. A Study on the Fracture Process of the Menyuan $M_6.4$ Earthquake Occurred on August 26, 1986 [J]. North China Earthquake Sciences, 1992, 10(2): 25-33. (in Chinese)
- [22] 兰州地震研究所、青海省地震局联合考察队.1986 年 8 月 26 日门源 6.4 级地震考察初步总结[J]. 西北地震学报,1987,9 (2):75-80.
- Joint Investigation Team (Seismological Institute of Lanzhou and Seismological Bureau of Qinghai Province). A Preliminary Summarization of Menyuan Earthquake ($M = 6.4$) on Aug. 26, 1986 [J]. Northwestern Seismological, 1987, 9 (2): 75-80. (in Chinese)