

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。

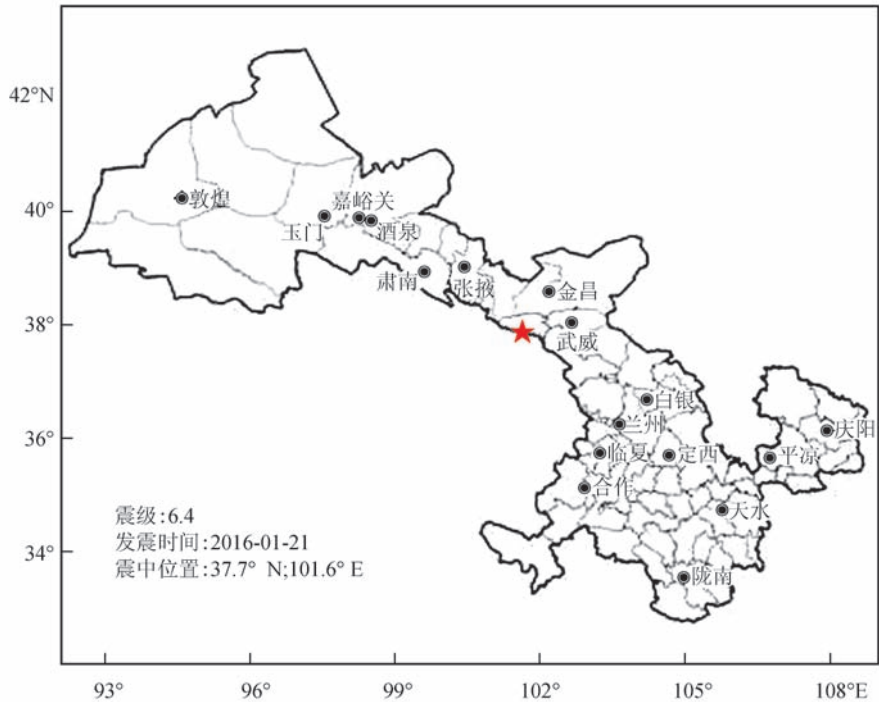


图 1 主震位置(甘肃与青海交界地区)

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。

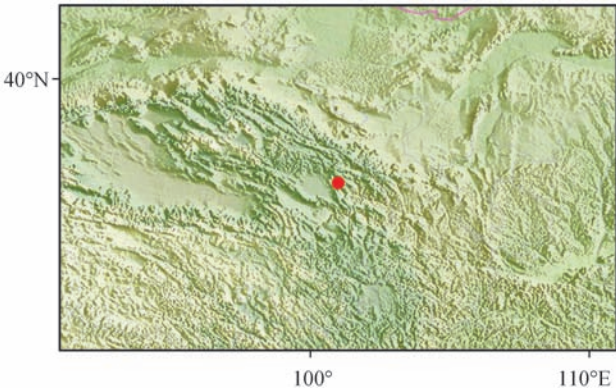


图 2 2016 年 1 月 21 日青海省门源 6.4 级地震
卫星地貌图位置

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

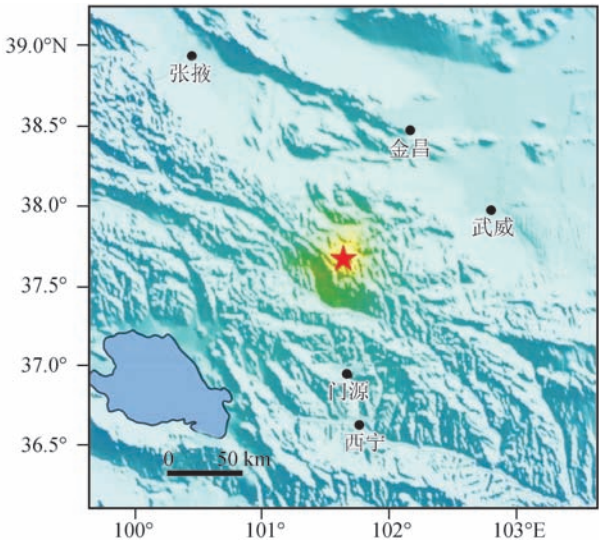


图 3 门源 6.4 级地震在卫星地貌上的位置[据 USGS(美国地质调查局)报道]

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)]

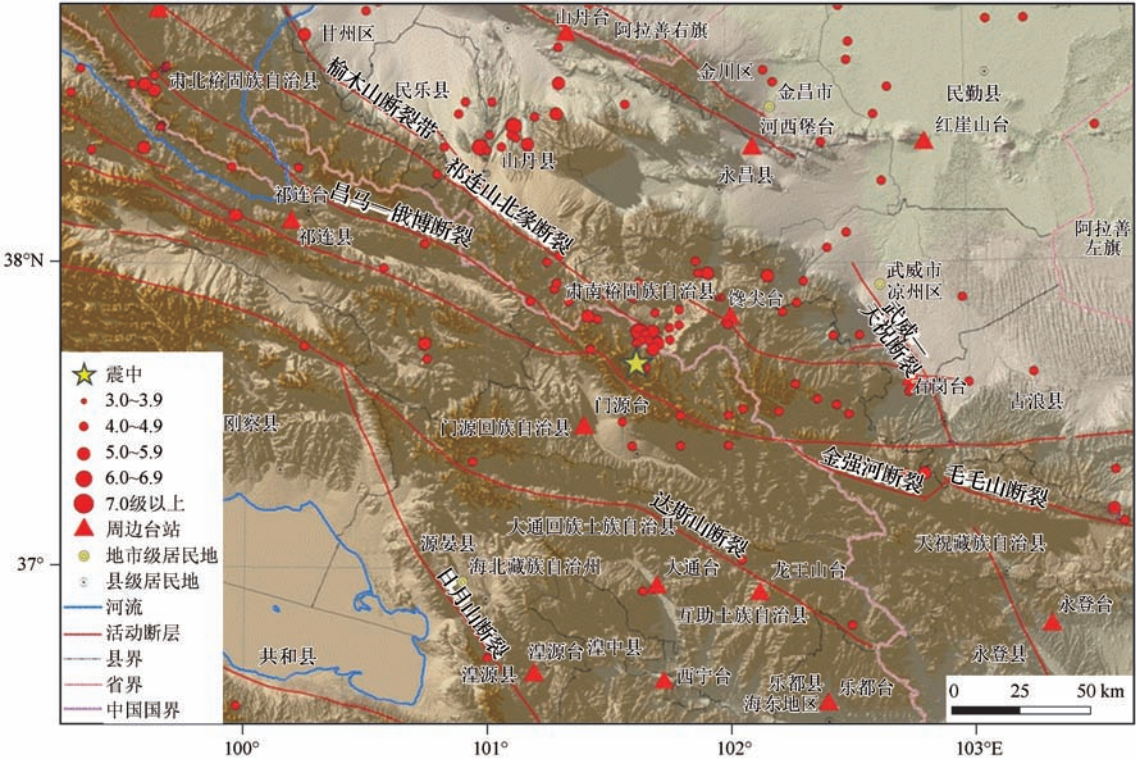


图 4 主震位置及断裂、震中、台站位置图

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

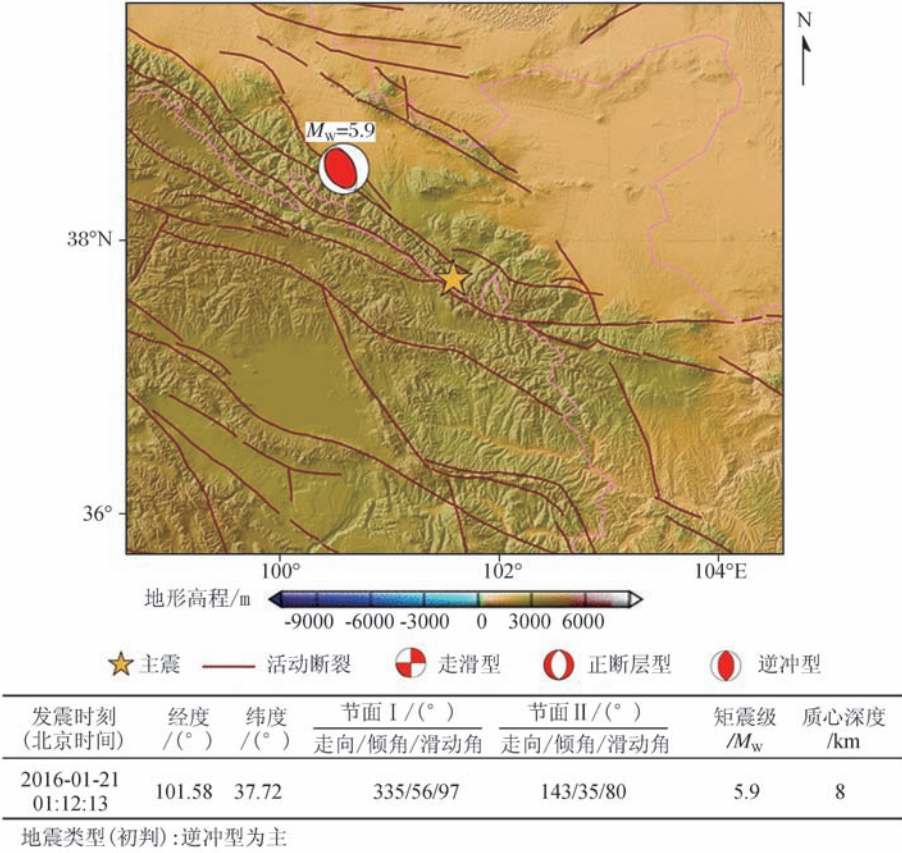


图 5 2016 年 1 月 21 日青海门源 M_w5.9 地震震源机制解

Fig.5 The focal mechanism solution of Menyuan, Qinghai M_w5.9 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

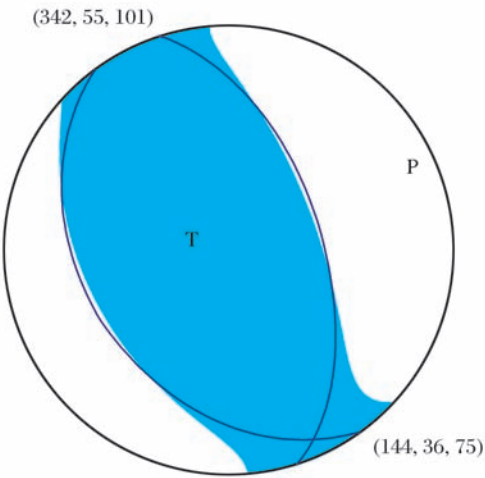


图 6 USGS 所得震源机制结果

Fig.6 The focal mechanism solution obtained by USGS

(3) 余震精定位图(图 7);

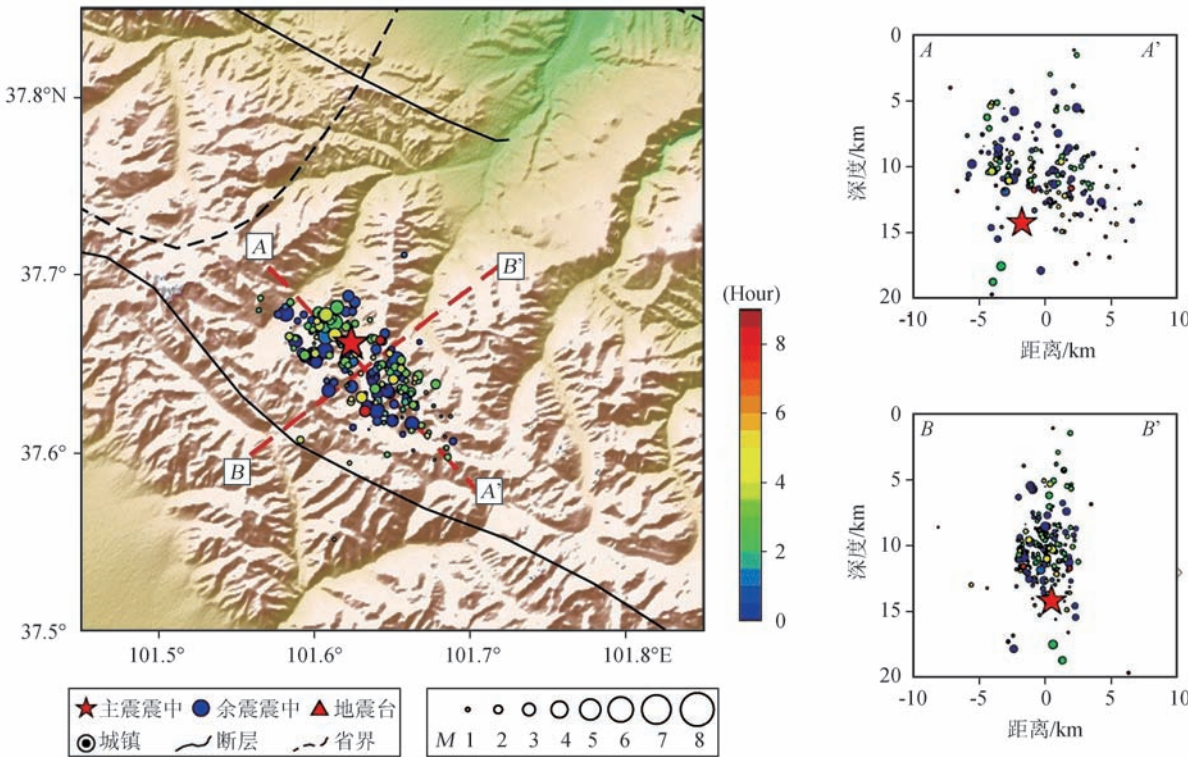


图 7 余震精定位图

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断裂,断裂走向近 NW。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。

(6) 构造应力场图(图 10);

(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

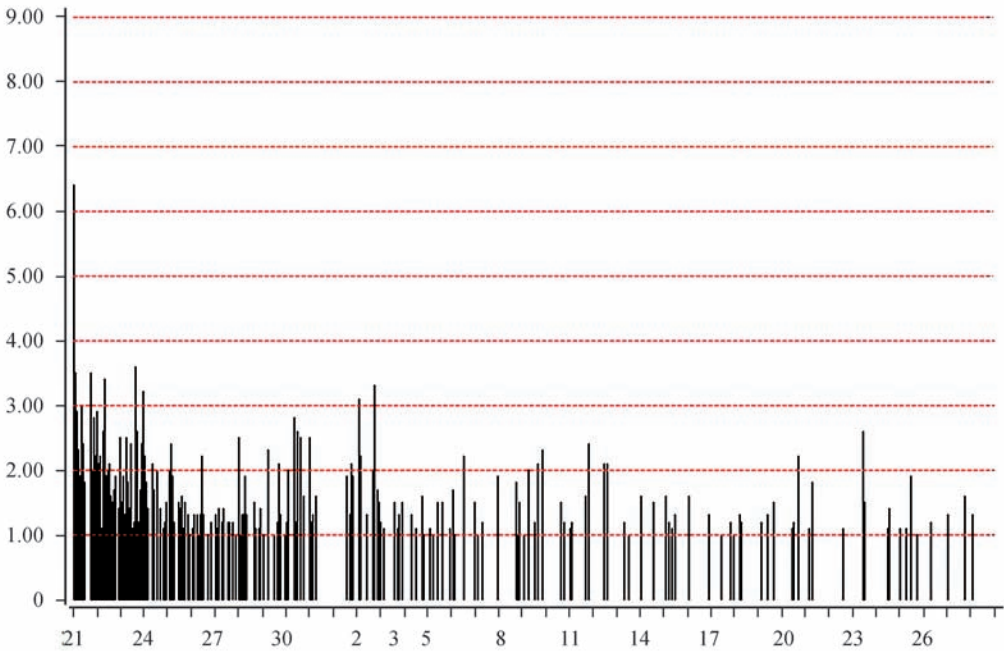
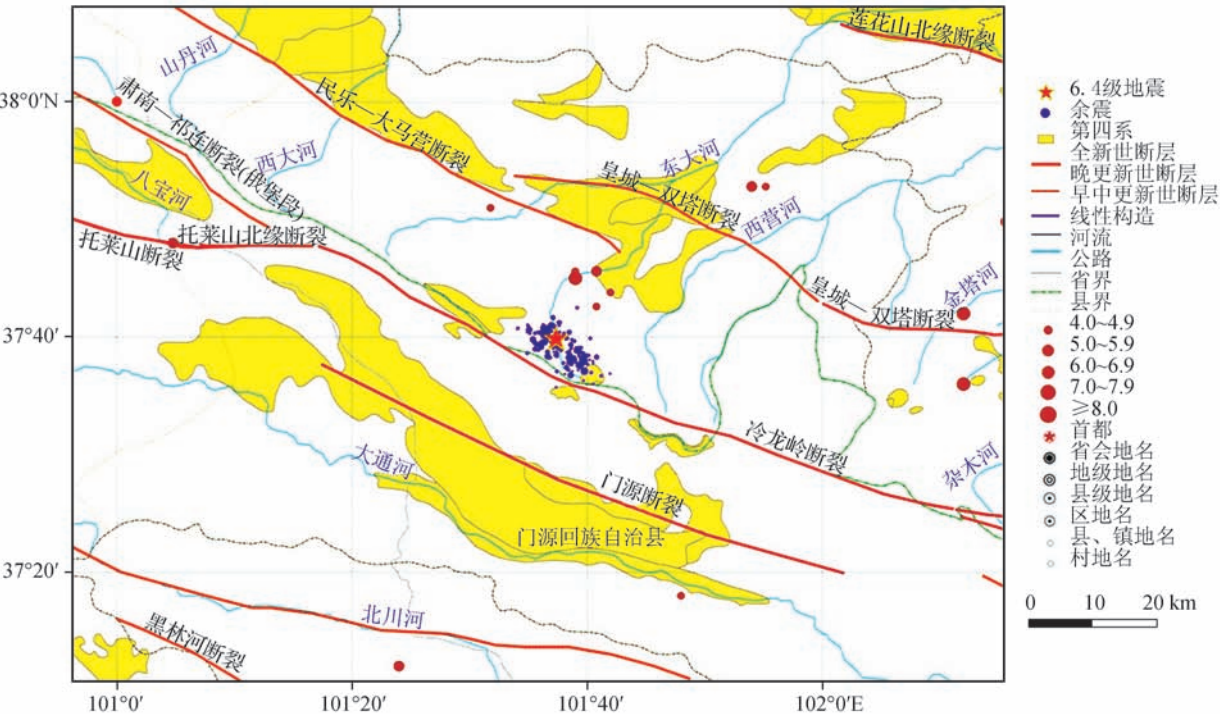


图 8 震级-时间(M-T)图
Fig.8 Magnitude-Time (M-T) figure



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 USDG(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

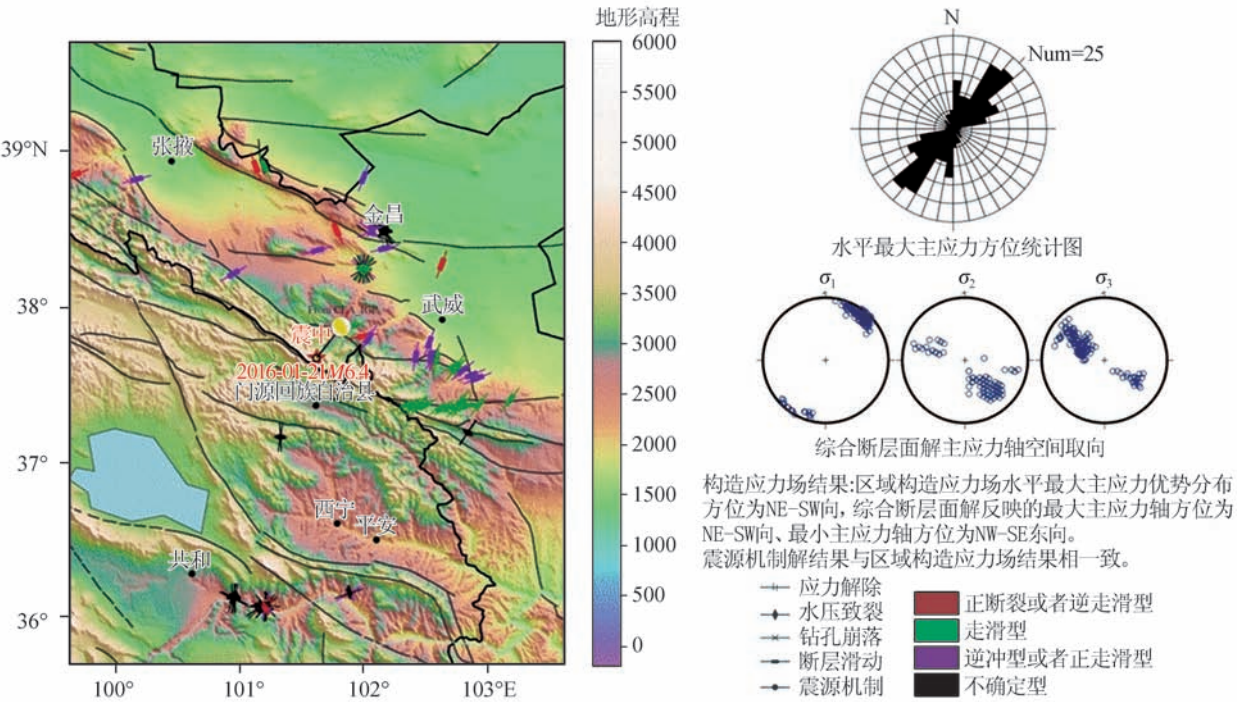


图 10 2016 年 1 月 21 日青海门源 6.4 级地震构造应力场图

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

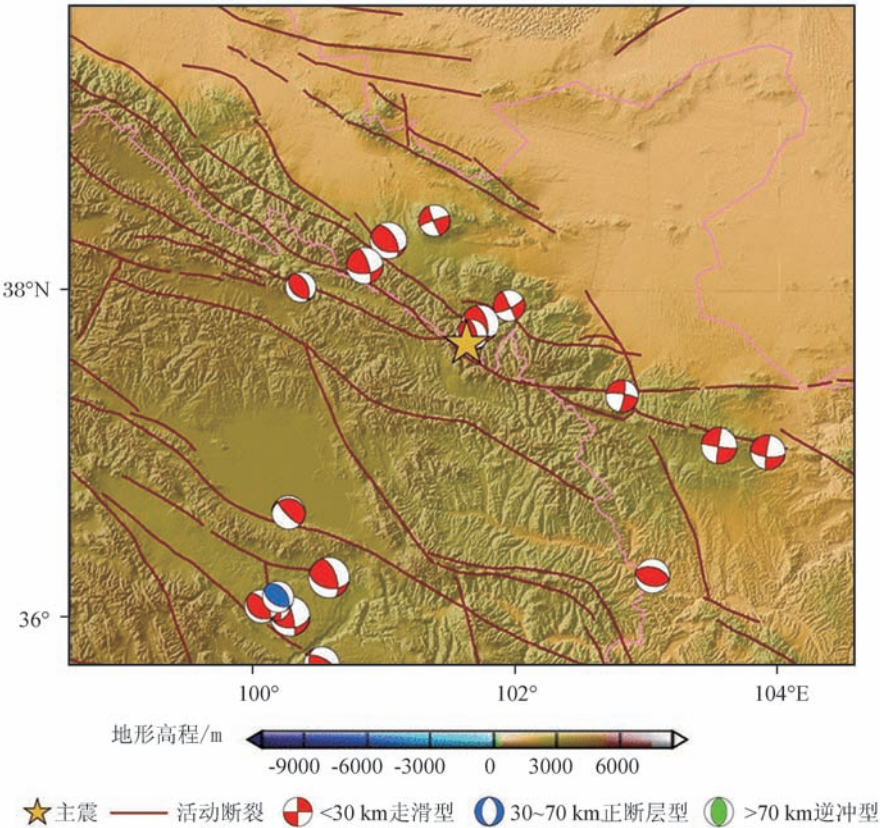


图 11 2016 年 1 月 21 日青海门源 6.4 级地震 GCMT 历史矩张量分布图

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

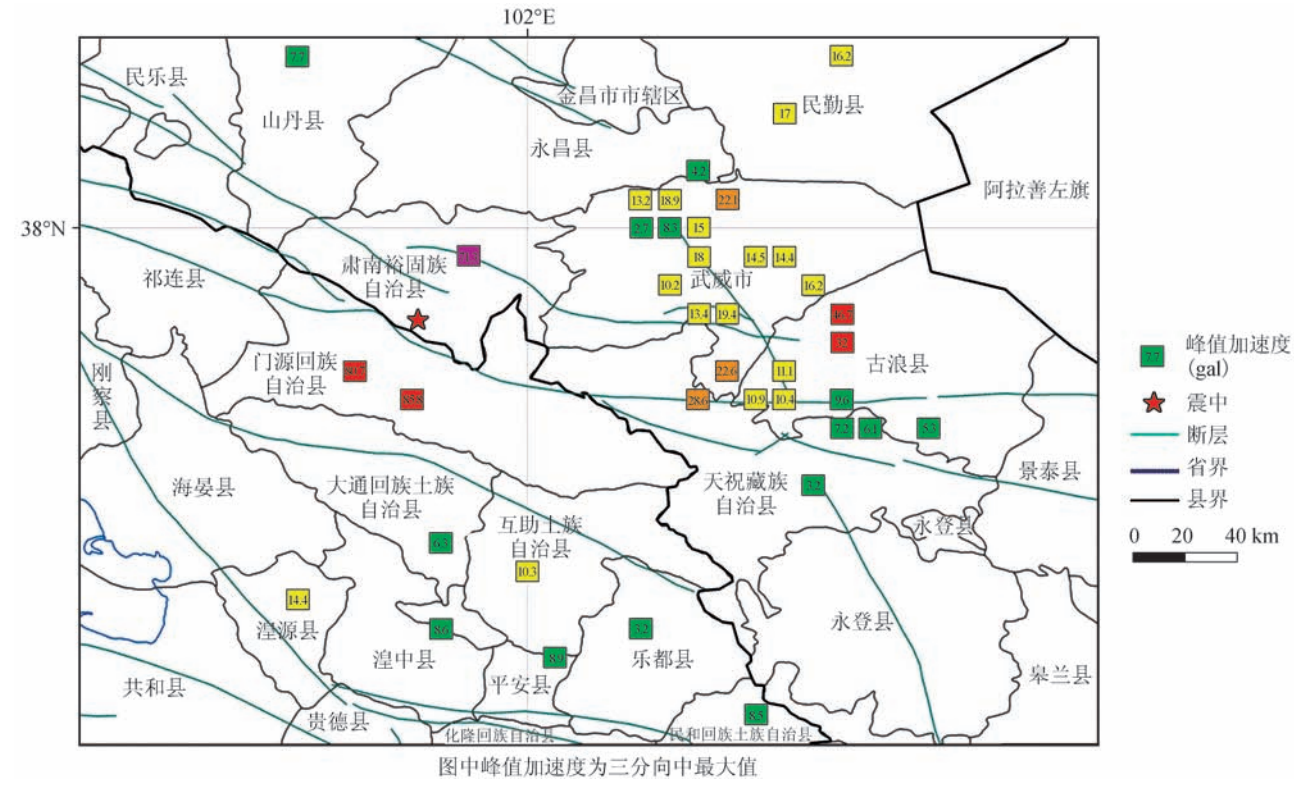


图 12 2016 年 1 月 21 日青海门源 6.4 级地震峰值加速度分布图(V2.0 版)

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

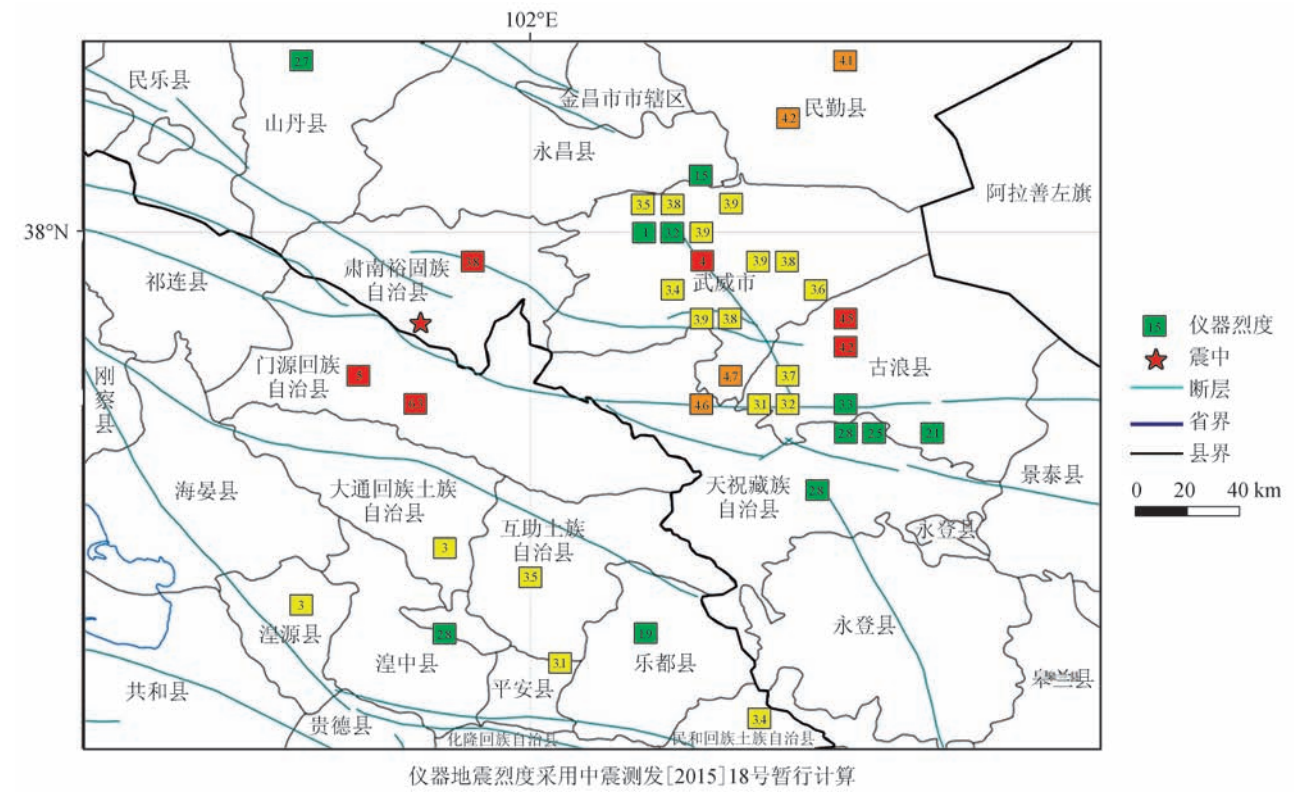


图 13 2016 年 1 月 21 日青海门源 6.4 级地震仪器烈度分布图(V2.0 版)

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东东段的周边。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°N,101.5°E)发生 M_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将文献[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、静中动和垂震底继模式[J].地震工程学报,2013,35(2):257-265.
GUO An-ning, Li-Xin, ZHAO Cheng-cheng, et al. Restrospective Study on One-year Prediction for 2013 Lushan M_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_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_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_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_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-yang, 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 Background of Regional 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 ($M_s 6.4$) 过程地形演变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 Journal*, 1987, 9(2): 75-80. (in Chinese)