

2013 年甘肃岷县漳县 $M_S6.6$ 地震 及短临前兆的显现^①

郭安宁, 郭志宇, 赵乘程, 任 栋, 吴建华

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要:简述了 2013 年 7 月 22 日甘肃岷县漳县 $M_S6.6$ 地震的情况。该地震是 1954 年以来甘肃省发生的最大地震。本文对这次地震的短临前兆进行了综合论述与讨论, 内容包括地震发生日与节气 and 朔望日的关系、地磁静日低点位移的回顾、低点位移的倍九日期回顾、异年倍七律方法的指标在临震日期预测的回顾、甘肃天水深井电阻率的短期前兆的回顾, 最后讨论了综合预测的问题。

关键词: 甘肃岷县漳县 $M_S6.6$ 地震; 短临前兆

中图分类号: P315.9

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2015)04-0981-05

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2015.04.0981

Minxian—Zhangxian $M_S6.6$ Earthquake in Gansu (2013) and Its Short-term and Impending Precursors

GUO An-ning, GUO Zhi-yu, ZHAO Cheng-cheng, REN Dong, WU Jian-hua

(Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, Gansu, China)

Abstract: This study describes the situational characteristics of the Minxian—Zhangxian $M_S6.6$ earthquake that occurred on July 22, 2013, in Gansu; this is the strongest earthquake felt in this province since 1954. We also review and discuss the short-term and impending precursors of this earthquake: (1) the relation between the earthquake occurrence date and the solar term and syzygy, (2) the displacement of the geomagnetic low point on a quiet day, (3) the multiplied nine days regularity after low-point displacement, (4) the prediction of the impending earthquake's occurrence day using the "rhythm of multiplied seven days in different years" index, and (5) the short-term precursors of geoelectrical resistivity in a deep well at Tianshui station in Gansu. Finally, we discuss the problem of comprehensive prediction.

Key words: Minxian—Zhangxian $M_S6.6$ earthquake in Gansu; short-term and impending precursor

0 引言

2013 年 7 月 22 日甘肃岷县漳县发生 $M_S6.6$ 地震。此次地震是自 1954 年山丹 7.2 级地震以来甘肃省境内发生的最大一次地震, 其震中烈度 VIII 度。由于该地区经济落后, 房屋质量差, 地震造成 95 人死亡。地震发生后, 《地震工程学报》刊发了专辑对其进行了研究报道。对于甘肃边远农村而言, 由于

经济能力薄弱, 且处在中强地震的频发区, 用经济能力作为抵御地震的手段是有限的, 在这些地区临震预测还是拯救生命与减轻伤亡的关键, 因而对临震预测的关注具有重大意义。本文对此次地震的短期及临震前兆现象进行综述及讨论, 试图积累预测震例经验作为对甘肃省未来地震进行临震预测的参考。

① 收稿日期: 2015-12-31

作者简介: 郭安宁(1962—), 男, 研究员, 硕士生导师, 从事地震预测、构造物理与灾害预测研究。

1 地震概况

2013年7月22日7时45分,甘肃省岷县、漳县交界处(34.5°N , 104.2°E)发生了 $M_s6.6$ 强烈地震。宏观震中位于岷县梅川镇一带,震中区烈度为Ⅷ度。受灾范围涉及甘肃省13个县。灾区外围部分县市也受到地震波及,造成个别居民点有少量破坏。地震共造成95人死亡,2414人受伤,78530户、314120人失去住所,直接经济损失达175.88亿元人民币^[1-2]。

地震学手段揭示发震断层为一隐伏断裂,走向NW,倾向SW,逆冲兼左旋走滑,在地表距临潭—宕昌断裂岷县段约20 km,在深部可能与临潭—宕昌断裂交汇在一起,向南组成一条NW向的断裂带^[3]。震中位于南北地震带北端的甘东南地区。该区是中强震多发区,历史和现今中强地震都时有发生,特别是近十年来在该地区发生了多次5级以上地震。该地区也是中国地震局确定的重点监视防御区之一。

由于地震未达到7级,中国地震局未组织专门的地震考察,但这是甘肃省几十年来发生在本地的最强烈地震,甘肃省地震局对其进行了专门研究,并在《地震工程学报》2013年第3期上刊发专辑,对这次地震的情况进行了研究报道。虽然研究结果在时间上较为仓促,尤其表现在地震序列上研究的时间段较短,但是在此后的研究看来,所做结论还是基本可靠的。

文献^[4]对几个机构的震源机制解进行了比较和归纳,所得结果基本一致。结果表明,节面II呈NWW向分布,以逆冲为主,兼具走滑分量的特征,这与临潭—宕昌断裂走向、破裂方式基本吻合,由此推测岷县地震的发生可能与临潭—宕昌断裂活动相关。另外利用甘肃“十五”数字地震台网的波形资料,采用CAP方法反演求得岷县漳县6.6级地震的震源机制解。结果显示本次地震的震源性质为逆冲兼走滑型,矩震级为 $M_w6.1$,震源矩心深度为7 km;最佳双力偶节面II走向 304° ,倾角 64° ,滑动角 44° ,其走向与附近的临潭—宕昌断裂的走向一致^[5]。

使用甘东南地区三维速度模型,利用三维网格搜索法和双差地震定位法对此次 $M_s6.6$ 地震及震后三天的余震序列进行精确定位,结合地质构造资料对本次地震的发震构造进行了初步研究。其结果显示:主震的震中位置为 34.54°N , 104.189°E ,震源深度13.5 km;余震震中呈NW或NWW方向分布,

与临潭—宕昌断裂的走向基本吻合,主要分布于5~20 km的深度,震中在深度剖面上呈SW向;发震断裂为倾向SW的隐伏断层,位于临潭—宕昌断裂NE方向,距临潭—宕昌断裂约20 km^[6-15]。

本次地震相比同类震级地震,农村民房破坏严重,地震地质灾害明显,影响范围较大。甘肃强震动台网共有63个台站成功获取了此次地震记录,其中记录到烈度值达到Ⅷ度的有1个台站,烈度值达Ⅶ度的1个台站,Ⅵ度的6个台站。获取记录最近的强震台为岷县台,距震中18 km,记录到的水平向加速度峰值为172.5 gal。

通过对126个乡镇、418个抽样调查点的震害调查、强震动观测记录分析、遥感震害解译等,编制成此次地震烈度分布图。

此次地震极震区烈度为Ⅷ度,Ⅵ度区及以上总面积为16432 km²,等震线长轴呈NW走向分布。共造成甘肃省13个县受灾,包括定西市岷县、漳县、临洮县、渭源县、陇西县,甘南州临潭县、卓尼县、迭部县、舟曲县,陇南市宕昌县、礼县,临夏州康乐县和天水市武山县。此次地震灾区山大沟深,黄土覆盖层较厚,次生地震地质灾害在Ⅷ度区广泛发育。由于灾区经济严重欠发达,农居中土木结构房屋所占比率高达70%以上,致使在Ⅷ度区内民居大量倒塌和普遍严重破坏,加之黄土滑坡、崩塌导致的房屋掩埋,是造成此次地震严重人员伤亡的最主要原因^[1-2]。

2 临震时间及预测方法回顾的讨论

2.1 $M_s6.6$ 地震发生日与节气和朔望日的关系

2013年岷县漳县 $M_s6.6$ 地震发生于公历7月22日,这一天正好是大暑节气(星期一,农历六月十五,癸巳年己未月戊子日)。同举在甘肃的例子,甘肃南部1654年天水8级地震发生于7月21日,距大暑节气甚近;1881年6月20日礼县6.5级地震同样发生在节气附近。由于历史上的地震发生日期对以后的地震发生日期预测有参考作用,2013年7月22日的大暑节气值得参考^[7]。

朔望时日月引潮力最大,它对地震有一定触发作用,2013年岷县漳县 $M_s6.6$ 地震正好发生在朔望日——阴历十五。

2.2 地磁静日低点位移的回顾性预测

地磁静日低点位移是陈绍明等^[8]在上世纪70年代之初提出的预报地震发生日期的方法。该方法是把地磁场垂直分量日变化极小值(即最低该点)出

现时间在空间上的分布差异称为低点位移,并认为这个低点位移出现之后的第 27 天和 41 天在差异区分界线路过地带可能发震。2013 年 7 月 22 日岷县漳县 $M_s6.6$ 地震前,即 7 月 13 日,中国地震局监测预报司曾电告甘肃省地震局,6 月 16 日和 19 日有两个低点位移线经过甘肃地域,望综合分析以得出结论。

2.3 地磁低点位移的倍九日期回顾

1977 年郭增建等在文献[9]和[17]中分析了以往一些低点位移的总结材料,发现预测地震的日期与他们提出的倍九法的推算操作符合较好。

实际发生地震的日期是 7 月 22 日,是 6 月 16 日日地磁低点位移后的第 36 天,符合低点位移出现后倍九天发震($4 \times 9 = 36$)的时间点。

综述之,2013 年 7 月 22 日甘肃岷县漳县 $M_s6.6$ 地震发生的日期都处在节气、地磁、朔望三者最强调制点时。积累的震例再次表明这些指征性的指标仍是今后在其他指标成熟后,作为临震预警日期的一个重要参考点。

2.4 异年倍七律方法的指标在临震日期预测的回顾

异年倍九律是在上世纪 80 年代由郭增建等^[10]提出的方法。该方法的理论基础认为在触发大震的外因中,有日月引潮力的 9 天和 7 天周期的波谱成份。由于地壳内失稳时的状况多样,所以有的状况对 7 天周期的成份反应敏感,有的对 9 天周期的成份反应敏感。另外磁暴也有 9 天周期和倍 9 天周期的呈现时间,大气变化和地球自转速率中也有 9 天周期的变化成份,以上这些变化成份及变化点都可能触发地震。

对异年倍七律的操作方法是在所预测地区选取历史上的大震,至少有两次大震的发生日期间隔(不计年)是符合倍七天或倍九天的。对 2013 年 7 月 22 日岷县漳县 $M_s6.6$ 地震来说,距它时间最近的大震为 1654 年天水 8 级地震和 1879 年武都 8 级地震,而这两次地震的时间间隔为 20 天,与 3×7 天相近,只差 1 天,所以可用倍七法求岷县地震的发震日期。由 1654 年天水 7 月 21 日发震日期起算,2013 年的岷县漳县地震发生于 7 月 22 日,即相当于异年的第二天,可以认为是零倍 7 天和零倍 9 天,这也是倍七法和倍九法所包含的日期。如由 1879 年武都 7 月 1 日地震起算,则 2013 年岷县漳县 6.6 级地震发生在异年的第 21 天(三个七天)^[11]。

3 甘肃天水深井电阻率的短期前兆

甘肃天水的深井电阻率在这次地震中均有良好的前兆表现,并且在震前提交了短期预测意见。

3.1 天水地电台地质条件及地电阻率井下观测系统介绍

天水地电台地处秦岭纬向构造带中段以北,渭河断裂带南缘。该地区以北东、北西和东西构造交汇形成明显的菱形格架,其地震活动频繁。台站所在地海拔高度 1 150 m,年平均湿度约 63%,年平均温度 18℃。天水地电台地电阻率观测布极区位于天水市麦积区马跑泉镇崖湾村和白石村之间的永川河 I、II 级阶地上。钻探资料揭示第四系覆盖层厚度 20~30 m,其下是第三系黏土层,厚约 450~500 m,基底为古生界变质岩。

天水地电深井观测系统主要以地电阻率测项为主,同时设计地电阻率、大地电场和地温梯度的综合观测。天水地电阻率使用的观测仪器为 ZD8B,供电电极和测量电极全部埋设在井下 100 m^[12-13]。

天水深井电阻率在 2008 年 5 月 12 日四川汶川 8.0 级、2013 年 4 月 20 日四川芦山 7.0 级和 2013 年 7 月 22 日甘肃岷县漳县 6.6 级地震前都出现异常。三次地震距天水深井电阻率台址分别为 430 km、550 km 和 200 km,在震前其观测资料均出现明显的短临异常变化。

汶川地震前天水地电阻率 N15°W 道出现大幅异常,其正常观测值为 5.83 ± 0.01 ,震前 42 天测值突升,变化幅度为 +0.06,高值持续两月后才逐渐回到原来的状态。四川芦山 7.0 级地震前,该深井系统 NS 道、EW 道、N45°W 道资料在震前 11 天出现了明显的同步异常变化,地震发生后波动变化持续约 11 天后恢复到平稳状态。而甘肃岷县漳县 6.6 级地震前,天水地电观测深井系统 EW 道资料在震前约 40 天开始断续波动,发生异常变化^[16],EW 道正常观测值为 7.05 ± 0.01 ,异常时段波动变化幅度为 ± 0.02 ,NS 道和 N45°W 道变化不明显^[14](图 1)。

汶川地震和芦山地震处于龙门山断裂带,岷县地震处于临潭—宕昌断裂,它们都处于南北地震带,但在两个不同的断裂带上。

4 结论与讨论

在地处边远的甘肃贫困山区,房屋质量非常差,一些中强地震就可能造成很大的破坏,因而在经济许可的条件下提高房屋质量的同时,对短临预报有

所作为也是一条减轻伤亡的途径。之所以在这里提及临震预报,是因为在贫困山区做出临震预报后一

旦产生虚报,其社会代价低。

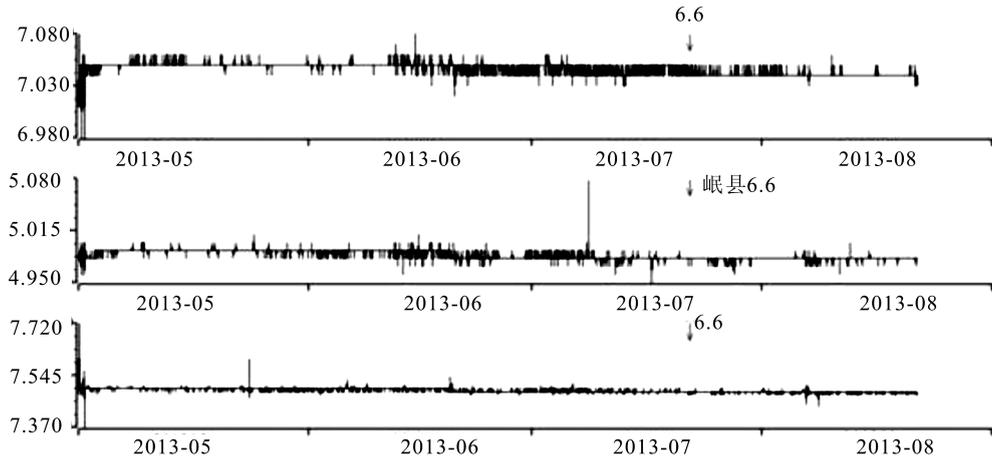


图1 天水地电阻率2013年5月1日至2013年8月22日整点值曲线

Fig.1 Curve of earth resistivity hour-point values from May 1 to August 22, 2013 at Tianshui station

通过对2013年甘肃岷县漳县 $M_S6.6$ 地震发生日期的研究,发现发震日期7月22日是节气、低点位移、异年倍七律和朔望共同作用的时间点,而这些外因触发因素的时间点可以作为未来临震预报的参考。另外地磁低点位移在这次地震前也有所反应,体现了其较好的映震效能。

位于甘肃天水的深井电阻率,在震前做出了短期的预测。这是一例在震前出现了异常并做出短期预测的事例,虽然该台观测时间短,但其电阻率在芦山地震时有很好的映震,因而当出现类似的前兆时做出了可能发生地震的预测,地点也是在异常区的周边范围。这一震例经验的总结是对深井电阻率方法的肯定,也是未来甘肃及周边地区发生地震时的重要短期预测指标。

参考文献(References)

- [1] 王兰民,吴志坚.岷县漳县6.6级地震震害特征及其启示[J].地震工程学报,2013,35(3):401-412.
WANG Lan-min, WU Zhi-jian. Earthquake Damage Characteristics of the Minxian-Zhangxian $M_S6.6$ Earthquake and Its Lessons[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2013, 35(3):401-412.(in Chinese)
- [2] 石玉成,高晓明,谭明,等.2013年岷县漳县6.6级地震灾害损失评估[J].地震工程学报,2013,35(4):717-723.
SHI Yu-cheng, GAO Xiao-ming, TAN Ming, et al. Disaster Loss Assessment of the Minxian-Zhangxian $M_S6.6$ Earthquake, 2013[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2013, 35(4):717-723.(in Chinese)
- [3] 张元生,冯红武,陈继锋,等.基于地震学资料探讨2013年岷县漳县6.6级地震发震构造[J].地震工程学报,2013,35(3):

419-424.

ZHANG Yuan-sheng, FENG Hong-wu, CHEN Ji-feng, et al. Study on Seismogenic Structure of 2013 Minxian-Zhangxian $M_S6.6$ Earthquake with Seismological Data[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2013, 35(3):419-424.(in Chinese)

- [4] 陈继锋,林向东,何新社.2013年甘肃岷县 $M_S6.6$ 地震矩张量反演及发震构造初探[J].地震工程学报,2013,35(3):425-431.

CHEN Ji-feng, LIN Xiang-dong, HE Xin-she. Moment Tensor Inversion and Seismogenic Tectonics of the 2013 Minxian $M_S6.6$ Earthquake in Gansu[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2013, 35(3):425-431.(in Chinese)

- [5] 李晓峰,裴惠娟,徐辉,等.2013年7月22日岷县漳县6.6级地震震源机制解[J].地震工程学报,2013,35(3):459-462.

LI Xiao-feng, PEI Hui-juan, XU Hui, et al. Focal Mechanism of the Minxian-Zhangxian $M_S6.6$ Earthquake[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2013, 35(3):459-462.(in Chinese)

- [6] 冯红武,张元生,刘旭宙,等.2013年甘肃岷县漳县 $M_S6.6$ 地震及其余震序列重定位[J].地震工程学报,2013,35(3):443-447.

FENG Hong-wu, ZHANG Yuan-sheng, LIU Xu-zhou, et al. Relocation of Mainshock and Aftershocks of the 2013 Minxian-Zhangxian $M_S6.6$ Earthquake[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2013, 35(3):443-447.(in Chinese)

- [7] 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 the Minxian-Zhangxian $M_S6.6$ Earthquake Occurrence Date and Short-impending Prediction Methods[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2013, 35(3):413-418.(in Chinese)

- [8] 黄雪香,丁鉴海.渤海7.4级地震前区域地磁场的异常变化[J].

- 地震学刊,1990,(3):45-52.
- HUANG Xue-xiang, DING Jian-hai. Anomalous Variation of Regional Geomagnetic Field before the Bohai Sea Earthquake [J]. Journal of Seismology, 1990, (3): 45-52. (in Chinese)
- [9] 郭增建,秦保燕,李海华,等.预报地震的“倍九法”[J].地震战线,1977(5):30-32.
- GUO Zeng-jian, QIN Bao-yan, LI Hai-hua, et al. Nine-times of Earthquake Prediction [J]. Earthquake Front, 1977(5): 30-32. (in Chinese)
- [10] 郭增建,秦保燕.灾害物理学[M].西安:陕西科技出版社,1989.
- GUO Zeng-jian, QIN Bao-yan. Disaster Physics [M]. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 1989. (in Chinese)
- [11] 郭安宁,郭增建,张炜超,等.三性法及静中动方法对甘肃岷县漳县 $M_s6.6$ 地震的趋势性前兆显现的回顾研究[J].地震工程学报,2013,35(3):522-528.
- GUO An-ning, GUO Zeng-jian, ZHANG Wei-chao, et al. Retrospective Study on the Trend of Apparent Precursors of the Minxian-Zhangxian $M_s6.6$ Earthquake with the Triplet Method and “Activity in Quiescence” Method [J]. China Earthquake Engineering Journal, 2013, 35(3): 522-528. (in Chinese)
- [12] 康云生,安海静,马可兴,等.天水地电阻率地表与井下多种观测方式的试验分析[J].地震工程学报,2013,35(1):190-195.
- KANG Yun-sheng, AN Hai-jing, MA Ke-xing, et al. Test Analysis on Geoelectrical Resistivity Observation Combining the Surface and Deep-well Methods at Tianshui Seismic Station in Gansu Province [J]. China Earthquake Engineering Journal, 2013, 35(1): 190-195. (in Chinese)
- [13] 杨兴悦,杨立明,康云生,等.天水地震台井下地电观测系统介绍及其分析[J].地震研究,2012,35(1):92-97.
- YANG Xing-yue, YANG Li-ming, KANG Yun-sheng, et al. Introduction and Analysis of Geo-electrical Observation System in Underground Well at Tianshui Station [J]. Journal of Seismological Research, 2012, 35(1): 92-97. (in Chinese)
- [14] 陈雪梅,武银,张璇,等.岷县 6.6 级及芦山 7.0 级地震前天水地电阻率井下观测资料异常[J].地震工程学报,2013,35(4):816-818.
- CHEN Xue-mei, WU Yin, ZHANG Xuan, et al. The Anomalies of Earth Resistivity Recorded by the Deep Well Observing System of Tianshui Station before Minxian $M_s6.6$ Earthquake and Lushan $M_s7.0$ Earthquake [J]. China Earthquake Engineering Journal, 2013, 35(4): 816-818. (in Chinese)
- [15] 何文贵,郑文俊,王爱国,等.临潭—宕昌断裂新活动特征与岷县—漳县 $M_s6.6$ 地震关系研究[J].地震工程学报,2013,35(4):751-760.
- HE Wen-gui, ZHENG Wen-jun, WANG Ai-guo, et al. New Activities of Lintan—Dangchang Fault and Its Relations to Minxian—Zhangxian $M_s6.6$ Earthquake [J]. China Earthquake Engineering Journal, 2013, 35(4): 751-760. (in Chinese)
- [16] 刘君,杜学彬,范莹莹,等.甘肃岷县—漳县 $M_s6.6$ 地震前的地电阻率变化[J].地震工程学报,2013,35(4):819-826.
- LIU Jun, DU Xue-bin, FAN Ying-ying, et al. The Geo-electrical Resistivity Anomaly before the Minxian—Zhangxian $M_s6.6$ Earthquake in Gansu [J]. China Earthquake Engineering Journal, 2013, 35(4): 819-826. (in Chinese)
- [17] 郭增建,秦宝燕.大震发生日期的预报——异年倍九律[J].西北地震学报,1986,8(2):96-104.
- GUO Zeng-jian, QIN Bao-yan. The Predication for the Date of the Occurrence of Large Earthquakes——The Multiplied Nine-day Regularity in Different Years [J]. Northwest Seismological Journal, 1986, 8(2): 96-104. (in Chinese)
- [18] 朱爽,周伟.甘肃岷县漳县 6.6 级地震前后区域地壳形变分析[J].地震工程学报,2015,37(3):731-738.
- ZHU Shuang, ZHOU Wei. Regional Crustal Deformation Analysis before and after the Minxian—Zhangxian Earthquake [J]. China Earthquake Engineering Journal, 2015, 37(3): 731-758. (in Chinese)