

张跃刚、王玉珍、尹宝军等 2013 2012 年 5 月 28 日河北省唐山 4.8 级地震,中国地震 29(2) 219~229。

2012 年 5 月 28 日河北省唐山 4.8 级地震

张跃刚¹⁾ 王玉珍²⁾ 尹宝军²⁾ 王想¹⁾
马栋¹⁾ 张子广¹⁾ 乔子云¹⁾ 王晓山¹⁾

1) 河北省地震局,石家庄市槐中路 262 号 050021

2) 唐山市地震局,唐山 063000

摘要 2012 年 5 月 28 日河北省唐山市古冶区与滦县交界发生 4.8 级地震,地震宏观震中位于古冶区的王攀庄乡。震中烈度为 V 度,地震发生在 NE 走向的唐山断裂带附近。地震没有造成人员伤亡和经济损失。震源机制解 P 轴方位为 SEE, T 轴方位为 SSW,接近水平,这与华北构造应力场的 NE-NEE 方向不一致。唐山 4.8 级地震是 1976 年唐山 7.8 级地震晚期余震的正常起伏,2004 年以来唐山老震区的 $M_L 4.0$ 以上地震呈现了很好的准周期性。唐山 4.8 级地震前地震活动性和测震学参数存在背景性异常,从不同角度反映了老震区地震活动平静、起伏的阶段性特征。前兆异常以中短期异常为主,其中地下流体异常、电磁异常表现更为突出。此次地震虽然震级不高,但无论是地震活动性还是前兆方面都出现了一定数量的异常。异常既有趋势性的,也有短临的,配套性很好。

关键词: 唐山 4.8 级地震 地震地质背景 震源机制 前兆异常

[文章编号] 1001-4683(2013)02-0219-11 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 前言

2012 年 5 月 28 日,在唐山市古冶区与滦县交界(39.7°N,118.5°E)发生 4.8 级地震,震中烈度为 V 度,震源深度 8km,唐山辖区震感强烈,北京、天津、辽宁、内蒙古部分地区震感较强。

1976 年唐山 7.8 级地震的余震序列总体上衰减正常,1995 年 10 月 6 日的 5.0 级地震后再没有发生 5 级以上地震,此次 4.8 级地震是唐山老震区余震序列衰减过程中又一次显著起伏。此次地震的震级虽然不高,但是无论是在地震活动性还是在前兆方面都出现了一定数量的异常。本文对此次地震的孕震构造、震源机制、发震背景等进行了介绍,重点分析了震前的一些典型前兆异常。

1 地震地质背景

这次唐山 4.8 级地震位于燕山褶皱带与华北平原凹陷带的接触部位的唐山菱形块体内

[收稿日期] 2013-01-07; [修定日期] 2013-04-26。

[项目类别] 河北省科技支撑课题(09276904D)资助。

[作者简介] 张跃刚,男,1959 年生,河北省地震局副局长,主要从事地震预报及地壳形变研究。

Email: zyg@eq-he.ac.cn

部的唐山断裂带上。唐山断裂带由 3 条 NE 向的断裂构成,从北向南依次为唐山-陡河断裂、巍山-长山断裂、唐山-古冶断裂(张肇诚等,1990;尤惠川等,2002;郭慧等,2011)。该区位于华北平原地震带与张家口-渤海地震带的交汇部位,是 1976 年唐山 7.8 级地震余震的主要分布区。从周边构造情况看,在震区的西端有蓟运河断裂带,东端有滦县-乐亭断裂带,北面有丰润断裂带,南面有宁河-昌黎断裂带,它们将唐山地区围成一个菱形块体,历史上多次强震都发生在该块体中。在块体中央存在 1 条 NE 向的唐山-陡河断裂,其中陡河断裂段是区域地震的重要构造之一,1976 年唐山 7.8 级地震就发生在这个断裂带的深处(刘宝金等,2011)。

这次唐山 4.8 级地震震中位于滦县境内。1976 年唐山 7.8 级地震是双震,7 月 28 日 3 时 42 分在唐山发生 7.8 级地震后,18 时 45 分又在距唐山约 40km 的滦县发生 7.1 级地震。此次唐山 4.8 级地震与 1976 年滦县的 7.1 级地震震中基本上重合。唐山 4.8 级地震震中距离唐山-古冶断裂较近,大约 5km(图 1)。刘蒲雄等(2011)将唐山地震的余震区分为卢龙、滦县、唐山和宁河 4 个分区,此次地震位于滦县分区(刘蒲雄等,2011)。

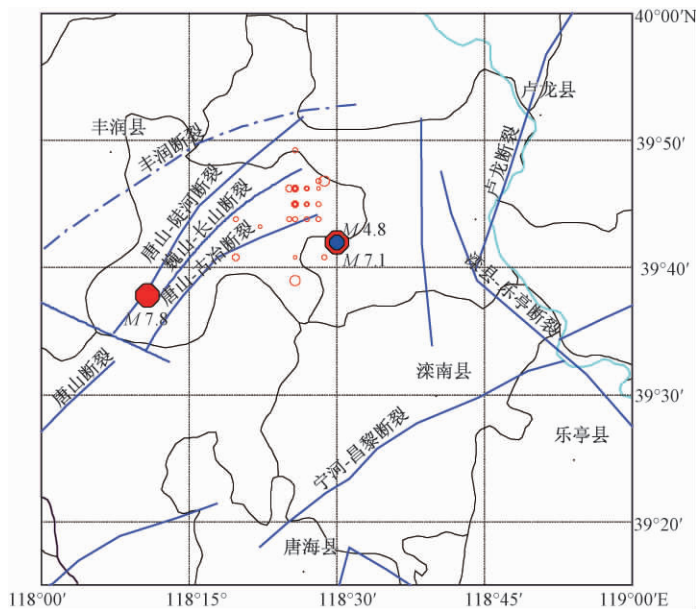


图 1 唐山 4.8 级地震区域构造图

本次地震属于主余型地震,到 5 月 29 日止,共发生余震 44 次,其中 M_L 0.0~0.9 地震 11 次, M_L 1.0~1.9 地震 26 次, M_L 2.0~2.9 地震 5 次, M_L 3.0~3.9 地震 2 次,最大余震为 5 月 29 日 M_L 3.7 地震。余震主要分布在主震震中的西北部(图 1)。

2 震源机制解

唐山 4.8 级地震微观震中位于 39.7°N 、 118.5°E ,宏观震中位于唐山市古冶区王犂庄乡的塔山营村和无水庄村,极震区烈度为 V 度(图 2)。V 度区普遍强烈有感,除个别建筑质量较差的房屋出现轻微破坏外,无其它房屋破坏情况。

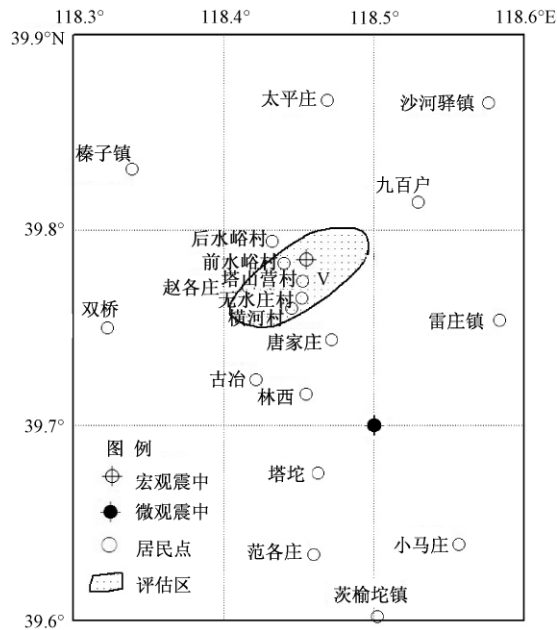


图2 唐山 4.8 级地震烈度分布图

根据河北地震遥测台网提供的 P 波初动资料,使用许忠淮等(1994)的格点尝试法求得唐山 4.8 级地震的震源机制解,其 P 轴方位 SEE, T 轴方位 SSW,接近水平,与华北构造应力场的 NE-NEE 方向不一致(表 1、图 3)。因为余震序列分布方向性不明显,无法判断哪个节面属于断层面。考虑到地震有感范围的长轴方向和唐山断裂的走向均为 NE 向,震区附近中小地震亦呈 NE 向展布,故取 SW-NE 向近似直立的节面作为断层面。震源断层面的滑动角为 178° ,为右旋走滑类型地震。有研究表明,现今中小地震的震源机制显示,约 40% 的地震受控于华北构造应力场,60% 的地震具有随机性,也可能是体现了大震区应力的长时间调整过程(张宏志等,2008)。

表 1

唐山 4.8 级地震震源机制解

节面 1			节面 2			P 轴		T 轴		B 轴		矛盾比
走向	倾角	滑动角	走向	倾角	滑动角	方位	倾角	方位	倾角	方位	倾角	
245°	87°	178°	335°	88°	3°	110°	1°	200°	3°	6°	87°	0.00

3 发震背景

这次唐山 4.8 级地震是 1976 年唐山 7.8 级地震的晚期强余震。震前在地震活动性和测震学参数方面都出现了一些异常,显示存在发生 4~5 级地震的背景。

3.1 唐山 7.8 级地震余震序列的发展演化

一次较大地震发生后,余震序列总的趋势是随时间有起伏地逐渐减弱(曲均浩等,2012)。1976 年唐山 7.8 级地震发生后,除了对应的 7.1 级双震,7 月 28 日当天发生了 13 次 5 级以上地震,其中 6 级地震 1 次,此后 5 级以上余震逐渐减弱,但是频次还是很高。1976 年在震区共发生了 11 次 5 级以上余震,1977 年发生 5 次 5 级以上余震。1977 年以后

5 级以上余震基本上趋于平静,仅在 1991 年和 1995 年发生了 5.1 级和 5.0 级余震各 1 次。1995 年 10 月 6 日的 5.0 级地震是迄今为止的最后一次 5 级以上余震,此后余震活动以 4 级地震为主。至 2012 年底震区共发生 4 级以上余震 6 次,震级最大的就是此次唐山 4.8 级地震(图 4)。从上面统计情况可见,唐山 7.8 级地震的余震序列总体上呈衰减特征,但是衰减过程中有阶段性起伏,这次唐山 4.8 级地震是近期一次新的起伏。唐山 7.8 级地震已经过去 36 年,但是其余震序列仍将持续。根据仲秋等(2012)的研究,该地震的余震序列还将持续 100 年左右。

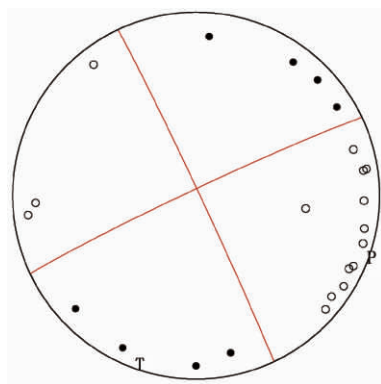


图 3 唐山 4.8 级地震震源机制解投影

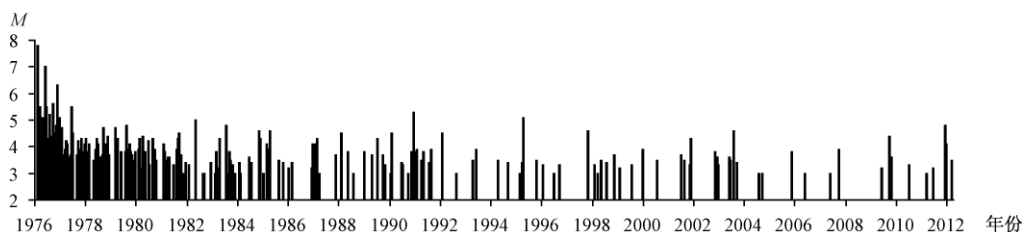


图 4 唐山 7.8 级地震 3 级以上余震 $M-t$ 图

3.2 唐山老震区 $M_L 4.0$ 以上地震的准周期特征

唐山老震区 2004 年以来 $M_L \geq 4.0$ 地震显示出 2 年左右的准周期特征,准周期约为 22 ~ 26 月,同时兼有双震特征。2004 年 1 月 20 日发生了 1 次 $M_L 5.0$ 余震,在 3 月 13 日又发生了 1 次 $M_L 3.9$ 余震。时隔 2 年 2 个月,2006 年 5 月 3 日发生了 1 次 $M_L 4.1$ 余震。此后 2008 年 3 月 11 日发生 $M_L 4.4$ 余震,此间间隔 1 年 10 个月。2010 年 3 月 6 日和 4 月 9 日分别发生了 $M_L 4.8$ 和 $M_L 4.1$ 余震各一次,此间间隔 2 年。2012 年 5 月 28 日发生此次 $M_L 5.1$ ($M_S 4.8$) 地震,此间间隔 2 年 2 个月,6 月 18 日又发生了 1 次 $M_L 4.5$ ($M_S 4.0$) 地震(图 5)。

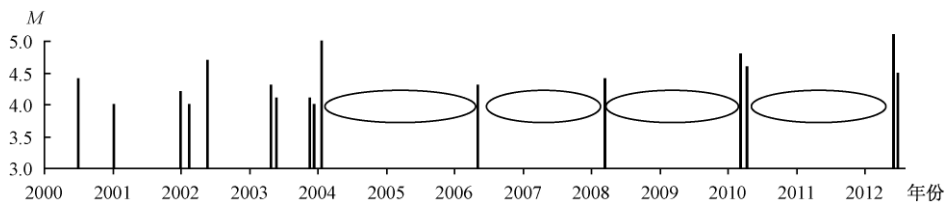


图 5 唐山地区 $M_L 4.0$ 以上地震 $M-t$ 图

3.3 地震频度

就唐山地区 ($39.0^\circ \sim 40.5^\circ N$, $117.5^\circ \sim 119.5^\circ E$) 3 级地震频度而言,以往震例显示在频度持续低值转为上升后,容易发生中强地震。2010 年滦县 4.2 级地震后,3 级地震频度都呈

快速下降变化,2012 年上半年频度开始上升,上升的过程中发生这次 4.8 级地震(图 6)。

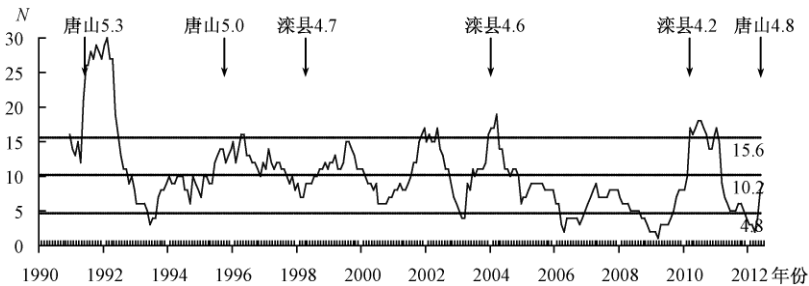


图 6 唐山地区 3 级地震频度

3.4 缺震

就唐山地区(39.0°~40.5°N,117.5°~119.5°E)缺震指标也出现了长趋势的低值变化现象,显示地震活动的最大平均震级在 M_L 3.0 左右,与近些年的最大平均震级相比,缺少 4~5 级地震。2012 年 3 月缺震曲线开始加速上升,在上升过程中发生此次地震(图 7)。

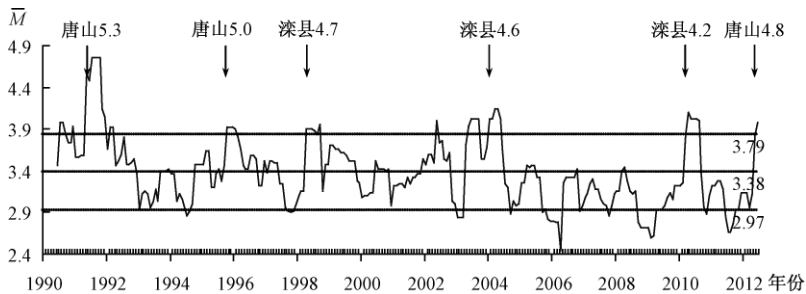


图 7 唐山地区缺震曲线($M_L = 3.0$)

3.5 D 值曲线

就唐山地区(39.0°~40.5°N,117.5°~119.5°E)地震危险度(D 值)曲线结合以往震例表明,低值回升的过程中容易发生地震。D 值曲线 2011 年 10 月出现低值背景异常,震前变为回升转折,在达到高值后发生唐山 4.8 级地震,震后异常恢复(图 8)。

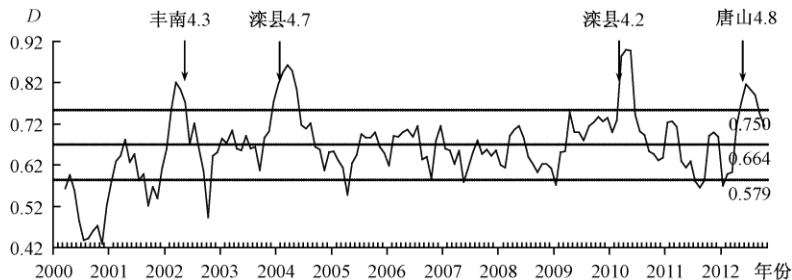


图 8 唐山地区 M_L 2.0 的 D 值曲线

4 前兆异常

唐山 4.8 级地震发生在首都圈地区,震中附近的前兆台网较为密集,除省、市级专业台

站外,还有很多地方和企业的前兆监测台站。图 9 给出的是定点前兆观测台站的分布图。图中所示的主要是省、市级专业台站和部分地方台站,只占全部前兆观测台站的一部分。在此次地震震中 100km 范围内共有 13 个台站,200km 范围内有 33 个。

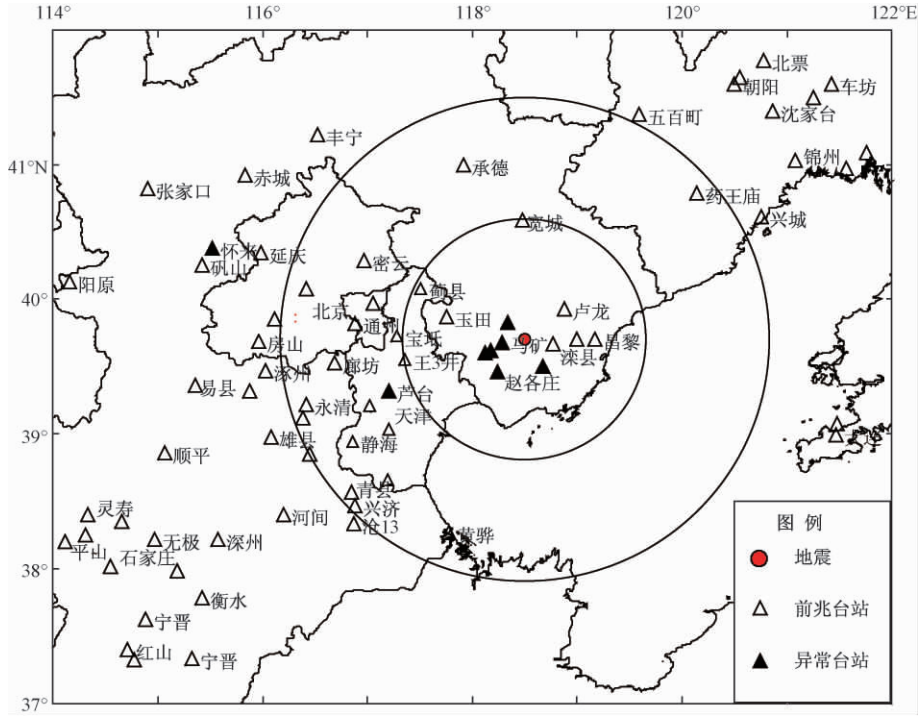


图 9 唐山 4.8 级地震前定点前兆观测台站分布图

唐山 4.8 级地震前河北省范围内前兆异常数量较多,特别是震后总结发现的异常更多。限于篇幅,本文只列出唐山市地震局和河北省地震局在震前周会商和月会商中发现的异常。唐山市地震局在 2012 年 4 月 25 日的月会商中提出“唐山前兆指标中短期异常明显,唐山矿水位和丰南水位下降速率有所变缓,滦南水位、丰润水位近期都出现与走势不符的上升变化;芦台水氢缺少下降变化,下降时间滞后,赵矿倾斜从 1 月初开始一直呈现向北倾,4 月下旬转向东南倾,综合分析上述资料认为 2012 年 5 月份唐山老震区中西部发生 4~5 级地震的可能较大,应密切跟踪前兆资料的临震突变”。河北省地震局震前关注的前兆异常很多,但与此次地震关系相对密切的是怀来电磁辐射。下面对上述异常进行具体介绍。

4.1 丰南井水位异常

丰南井位于丰南县的苓子背斜轴部,井深 706.7m,孔口标高仅 5.95m,奥陶系灰岩在丰南井埋深 540m 左右,西侧是唐山断裂,东侧是陡河断裂。丰南井水位资料曾显示明显的映震异常,2010 年 4 月 9 日丰南 4.1 级地震前后,该井水位出现了大幅度突升突降变化:震前突升 2m,震后突降近 80m,此后恢复到 140m 左右。2011 年 10 月中旬至 2012 年 2 月初,水位上升速率加大,最大幅度达到 26m,之后呈波动性下降。分析认为 2011 年 10 月中旬至 2012 年 2 月初水位大幅度上升与 5 月 28 日唐山 4.8 级地震相关(图 10)。

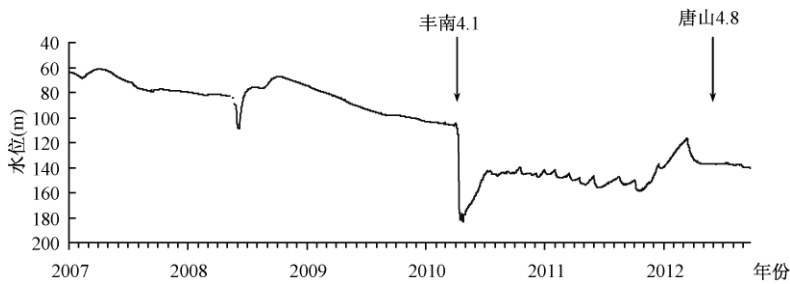


图 10 丰南井水位日均值曲线

4.2 唐山矿井水位异常

唐山矿井水位具有降雨补给径流型和降雨补给开采型两种特征,水位动态呈现开采时下降,降雨季节上升,一般高水位出现在11月~次年2月,低水位出现在5~7月。但自2012年5月5日开始,水位出现小幅度上升,与正常走势呈反向变化,似存在异常(图11)。

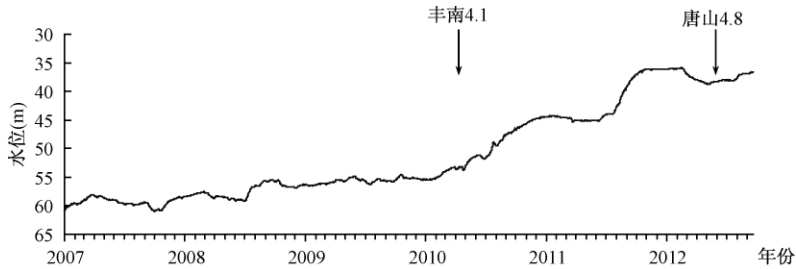


图 11 唐山矿井水位日均值

4.3 马家沟矿井水位异常

马家沟矿井位于唐山断裂附近。该井水位自2011年9月至震前一直在73m左右上下变化,缺少上升和下降走势,与过去的年变不一致,说明含水层压力水头发生变化。虽然降雨和同层抽水会有所影响,但长时间的走平变化,说明了该含水层受到应力的作用,存在异常(图12)。

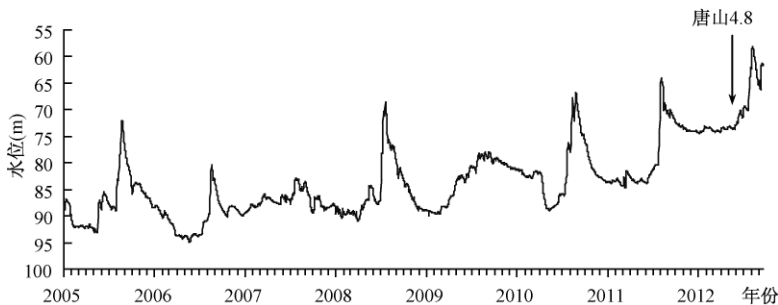


图 12 马家沟矿井水位日均值

4.4 滦南井水位异常

滦南井水位自2012年4月初开始加速上升,接近最高值时发生唐山4.8级地震,上升

幅度近 3m,震后水位恢复(图 13)。



图 13 滦南井水位日均值

4.5 丰润井水位异常

丰润井水位自 2012 年 5 月初开始加速上升,升幅约 2m,接近最高值时发震,震后水位阶段性回落(图 14)。该井 2010~2011 年期间水位走势平稳,年变正常,此次地震前后的变化较为显著。

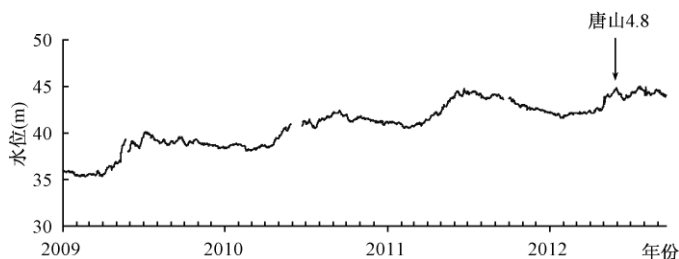


图 14 丰润井水位日均值

4.6 芦台井水氡异常

芦台井水氡 2011 年 3 月底至 12 月下旬一直处于测值偏低走势,进入 2012 年以来,水氡一直在高值平走,与正常周期相比缺少明显的下降变化,下降时间滞后,存在异常(图 15)。

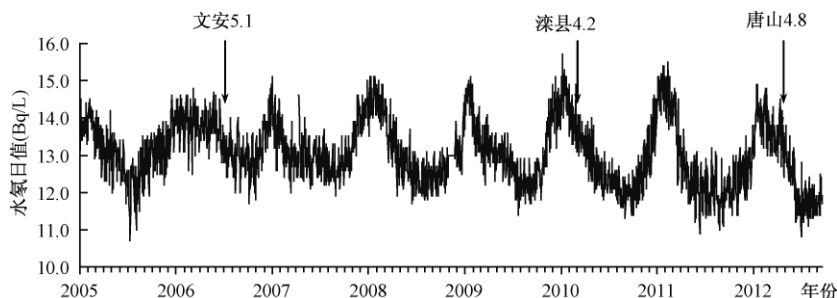


图 15 芦台井水氡日值

4.7 赵各庄矿地倾斜异常

从赵各庄地倾斜矢量图看,2010 年 3 月 6 日滦县 4.2 级地震、4 月 9 日丰南 4.1 级地震

前地倾斜矢量图都有转折出现。这两次地震后地倾斜向东南倾斜。2011 年年变规律被打破 出现了多次转折现象 4 月初以来地倾向东北倾斜,存在异常(图 16)。

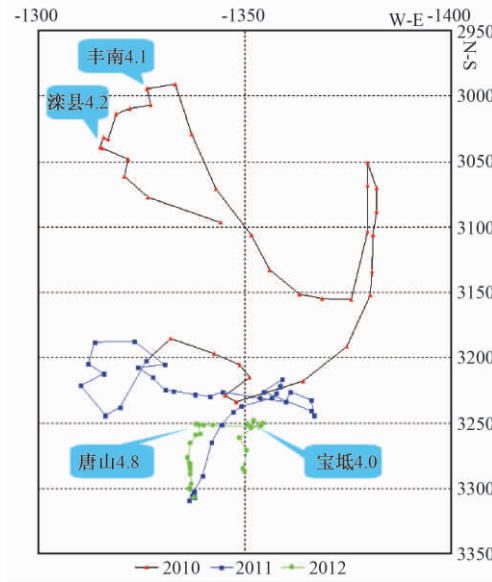


图 16 赵各庄矿 10 日均值地倾斜矢量图

4.8 怀来电磁辐射异常

在 2012 年 5 月 12 日 14 时至 5 月 14 日 08 时怀来数字电磁波 NS 测向整点值出现高值突跳变化,最大幅度为 5 月 12 日 20 时的 $837s \cdot mV/m$ 。经现场落实,仪器工作正常,测区周围环境未发现明显变化。此项异常与 5 月 28 日唐山 4.8 级地震有很好的对应。需要指出的是,在 2006 年 7 月 4 日文安 5.1 级地震前怀来观测站就曾观测到了显著电磁辐射异常(当时还是模拟观测)。许多震例表明,电磁辐射观测具有很好的短临效应。

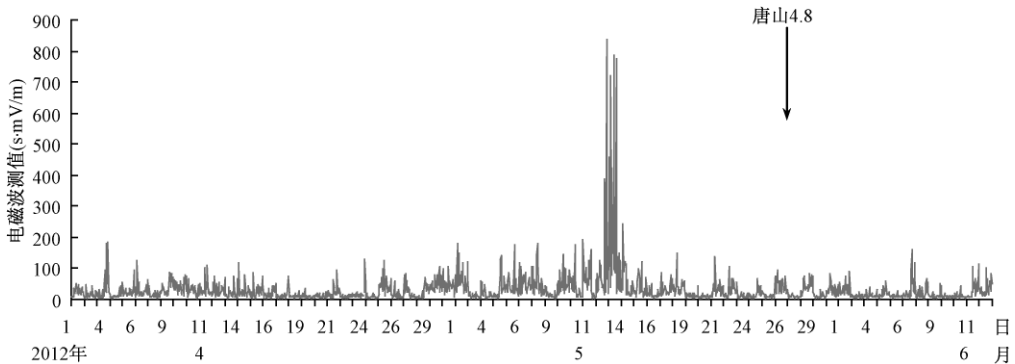


图 17 怀来电磁辐射异常曲线

上述异常基本上都是短临异常,时间稍长的中期异常出现在震前 1 年多(图 18)。异常的空间上主要分布在唐山周围,稍远一点的怀来电磁辐射异常,异常台站距震中约 270km (图 9)。与唐山 4.8 级地震相关的前兆异常还有很多,一些异常我们将在以后的震例研究

中全面阐述 本文给出的仅是震前发现的一些显著短临异常。

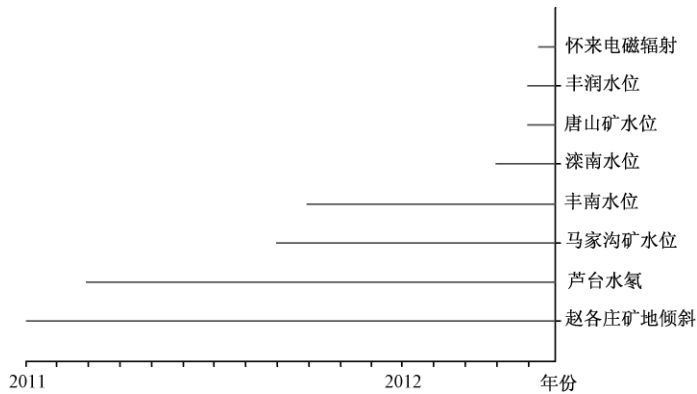


图 18 异常时间进程图

5 讨论及结论

(1) 唐山 4.8 级地震是 1976 年唐山 7.8 级地震的晚期余震的正常表现,震级水平和时间间隔都符合唐山老震区余震活动规律。从总体情况看,唐山老震区的余震序列衰减正常,目前 5 级以上地震已经鲜有发生,但是 4 级左右地震仍将持续,并呈阶段性起伏。

(2) 2004 年以来,唐山老震区的 $M_L 4.0$ 以上地震呈现了较好的准周期性,此类信息为短临预测提供了有价值的时间线索。

(3) 唐山 4.8 级地震前地震活动性和测震学参数存在背景性异常。此次地震前,区域地震活动明显增多,小震活动出现集中活跃现象,地震强度也明显上升。测震学参数如频度、缺震等在震前出现低值回升变化。自 2011 年 10 月以来,唐山地区地震危险度曲线由下降趋势,转为上升,期间虽然在均值线附近有所浮动,但 2012 年开始加速上升。上述参数虽然观察角度不同,但总体上反映了老震区地震活动平静、起伏的阶段性特征,与唐山地区余震活动的特点相吻合。

(4) 唐山 4.8 级地震的前兆异常以中短期异常为主,其中地下流体异常、电磁异常表现更为突出。地震前唐山周边的一些水位观测出现明显的短期异常,如丰南井、唐山矿井、马家沟矿井、滦南井和丰润等井的水位。水化学的短期异常也较为明显,例如芦台水氡。这些异常基本上出现在 2012 年上半年,有的仅在震前 1 个月。

(5) 电磁辐射观测具有一定的短临效应,应当在短临预测中予以关注。2006 年文安 5.1 级地震前,怀来电磁辐射就有明显的短临异常。此次唐山 4.8 级地震前,怀来电磁辐射又出现明显的异常。应当注意的是,电磁辐射观测已经由模拟观测升级为数字化观测,上述震例表明,通过数字化观测同样可以发现电磁辐射的映震效应。

(6) 此次地震虽然震级不高,但是无论是在地震活动性还是在前兆方面都出现了一定程度和数量的震前异常,异常既有趋势性的,也有短临的。

参考文献

- 郭慧、江娃利、谢新生等 2011 对 1976 年河北唐山 $M_s7.8$ 级地震地表破裂带展布及位移特征的新认识, 地震地质, 33(3), 506~523。
- 刘保金、曲国胜、孙铭心等 2011 唐山地震区地壳结构和构造: 深地震反射剖面结果, 地震地质, 33(4), 901~912。
- 刘蒲雄、吕晓健 2011 唐山地震序列空间分布复杂性原因研究, 地震, 31(4), 1~14。
- 曲均浩、蒋海昆 2012 余震活动机理研究综述, 中国地震, 28(2), 109~120。
- 乔子云、张跃刚、丁瑞同等 2012 河北省数字电磁扰动应用研究, 地震地磁观测与研究, 33(2), 67~73。
- 许忠淮、汪素云 1994 我国部分早期震源机制解答的重新测定, 地震地磁观测与研究, 15(5), 1~9。
- 尤惠川、徐锡伟、吴建平 2002 唐山地震深浅构造关系研究, 地震地质, 24(4), 571~582。
- 张肇诚、罗咏生、郑大林等 1990 1976 年 7 月 28 日河北省唐山 7.8 级地震, 中国震例(1976~1980), 59~103。
- 张宏志、刁桂苓、陈祺福等 2008 1976 年唐山 7.8 级地震震区现今地震震源机制分析, 地震研究, 31(1), 1~6。
- 仲秋、史保平 2012 1976 年唐山 $M_s7.8$ 地震余震序列持续时间及对地震危险性分析的意义, 地震学报, 34(4), 494~508。

The Tangshan $M_s4.8$ earthquake on May 28, 2012 in Hebei Province

Zhang Yuegang¹⁾ Wang Yuzhen²⁾ Yin Baojun²⁾ Wang Xiang¹⁾ Ma Dong¹⁾
Zhang Ziguang¹⁾ Qiao Ziyun¹⁾ Wang Xiaoshan¹⁾

1) Earthquake Administration of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China

2) Earthquake Administration of Tangshan City, Tangshan 063000, Hebei, China

Abstract An $M4.8$ earthquake occurred in the joint area of Guye and Luanxian of Tangshan city on May 28, 2012. The macroscopic epicenter was located in Wangnianzhuang in Guye region. The Intensity of epicenter was V degree. The earthquake occurred in the middle of Tangshan Fault in the northeast direction. The earthquake caused no human casualties and economic losses. In the focal mechanism solution, the azimuth of P axis was SEE and T axis was SSW near horizontal. It was not uniform with the tectonic stress field in North China, which is in NE-NEE direction. The $M4.8$ earthquake was undulation of the aftershocks of Tangshan $M7.8$ earthquake occurred in 1976. The over $M_L4.0$ earthquakes in Tangshan area showed a quasi-periodic characteristic. There were some background anomalies both in seismicity and seismometry before the event, and they reflected the quiet and undulant process of the seismic activity in the old earthquake region from different views. The precursory anomalies were mainly middle and short term ones, in which groundwater and electromagnetic anomalies were obvious. The magnitude of the earthquake was not high, but it showed many anomalies, both in seismicity or precursor. The anomalies matched very well, in which there were both tendency and current ones.

Key words: Tangshan $M4.8$ earthquake Seismic and geologic background Focal mechanism Precursory anomalies