

全球定位系统测定的 2011 年日本宫城 M_w 9.0 级地震远场同震位移

王敏^①, 李强^②, 王凡^①, 张锐^②, 王阎昭^①, 师宏波^②, 张培震^①, 沈正康^③

① 中国地震局地质研究所, 地震动力学国家重点实验室, 北京 100029;

② 地壳运动监测工程研究中心, 北京 100036;

③ 北京大学地球和空间科学学院, 北京 100871

E-mail: mwang@gps.gov.cn

2011-04-06 收稿, 2011-05-24 接受

地震动力学国家重点实验室自主课题(LED2009A02)和国家重大科技基础设施项目“中国大陆构造环境监测网络”资助

摘要 据覆盖日本全境的 GEONET 网络 GPS 观测资料显示, 2011 年 3 月 11 日的日本宫城 M_w 9.0 级地震造成日本半岛向东移动, 最大达到了 5.3 m. 利用国家重大科技基础设施项目“中国大陆构造环境监测网络”的 GPS 观测资料, 分析此次地震对中国大陆构造形变场的同震影响, 结果显示, 地震造成我国东北和华北地区产生毫米至厘米级的同震水平位移, 最大值为 35 mm. 通过应变分析发现, 地震导致东北和华北地区一系列北北东走向的断裂产生了不同程度的张性应变. 虽然在东北地区张性应变相对比较明显, 最大处约为 40 nano-strain, 但对断裂带的静态库仑应力加载有限, 不会对区域地震活动产生大的影响.

关键词

日本宫城地震
远场同震位移
郯庐断裂带
应力应变
地震活动

2011 年 3 月 11 日, 日本本州岛北部以东海域发生 M_w 9.0 级地震. 此次地震及其引发的海啸造成了极大的破坏和人员伤亡. 据日本官方统计, 截止到 4 月 4 日, 确定死亡人数已超过 1 万 2 千人, 还有 1 万 5 千多人失踪, 估计实际死亡人数超过 2 万 7 千人. 本州岛东北部地区大量沿海村镇建筑被地震引发的海啸卷入海中. 地震对福岛核电站 4 个核反应堆造成破坏, 目前已产生大气和海水放射性污染. 事态仍在发展, 其长远效应尚难确定.

日本列岛地处太平洋西北, 是太平洋板块、北美板块、菲律宾板块和欧亚板块的交汇处. 此次地震发生在太平洋板块与北美板块交界的俯冲带上, 在该区域太平洋板块以 ~ 80 mm/a

的速率相对欧亚板块向西运动^[1], 插入北美板块下部. 地震发生后多家研究机构给出的震源机制解表明地震发生在下插板片上边界, 破裂面西倾 $9^\circ \sim 14^\circ$, 释放地震矩 3.6×10^{22} Nm, 对应矩震级 M_w 9.0 (Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp>; United State Geological Survey (USGS), <http://earthquake.usgs.gov>; Harvard University, <http://www.seismology.harvard.edu>), 是自 20 世纪有仪器记录以来的第四大地震. 余震分布表明破裂面 ~ 100 km 宽, 南北展布 ~ 350 km (USGS, <http://earthquake.usgs.gov>; Japanese Meteorological Agency, <http://www.jma.go.jp/en/quake>). 地震波反演结果表明, 地震的起始破裂点位于

38.1°N , 142.8°E 约 26 km 深处, 之后向南北双向扩展, 最大破裂可能达到 25 m, 为纯逆冲型破裂(<http://www.geol.tsukuba.ac.jp/~yagi-y/EQ/Tohoku/index-e.html>).

由于绝大部分地震破裂面位于海区范围, 因此对地震破裂的监测与研究只能通过遥测设备进行. 除全球与区域地震台网外, 日本及周边地区 GPS 台站的监测结果也尤为重要. 地震发生后 ARIA 研究团队迅速分析了覆盖日本全境的 GEONET 网络 GPS 观测数据, 给出了日本境内同震位移场 (ftp://sideshow.jpl.nasa.gov/pub/usrs/ARIA/ARIA_coseismic_offsets.v0.3.table). 结果显示, 本州岛北部地区存在显著的东向位移, 水平位移量在靠近震中区的东海岸达到极大, 约为 5.3 m,

英文版见: Wang M, Li Q, Wang F, et al. Far-field coseismic displacements associated with the 2011 Tohoku-oki earthquake in Japan observed by Global Positioning System. Chinese Sci Bull, 2011, 56, doi: 10.1007/s11434-011-4588-7

同时这一地区还存在 1.1 m 左右的沉降. 在本州岛北部西海岸也发现~0.7 m 的水平位移. 根据同震位移场资料反演断层破裂分布, 初步结果发现最大滑移~21 m (http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/japan/031111_M9.0prelim_geodetic_slip.php), 与地震波的反演结果具有可比性.

由日本境内的 GPS 站资料获得的是日本宫城地震近场-中场同震位移. 远场同震位移是如何分布的? 其影响范围有多大? 我国东北和华北地区是否受到影响? 如果存在影响, 以何种形式出现? 对中国大陆构造应力场影响如何? 以上问题的回答不仅有助于认识地震的发震构造与破裂空间分布, 对于了解地震对我国东北和华北地区地震危险性的影响也至关重要.

国家重大科技基础设施项目“中国大陆构造环境监测网络”(以下简称陆态网络)为日本宫城地震远场位移监测提供了重要数据. 陆态网络于 2010 年建成, 主要运用 GPS 手段监测构造形变场, 其中包括 260 个覆盖全国的 GPS 连续观测台站, 目前已进入试运行阶段. 日本宫城地震发生后我们迅速获取陆态网络的 GPS 数据, 用于研究此次地震对中国大陆构造形变场的影响.

我们采用 GAMIT 软件^[2]处理了 2011 年 3 月 8~13 日全球近 100 个 IGS 台站和国内近 80 个陆态网络台站的数据, 但日本境内的 IGS 台站震后只采用 3 月 11 日一天的数据, 且研究区域内(中国、日本及周边)所有台站 3 月 11 日的数据只采用 UTC 06:00~24:00 时间段(地震发生于 3 月 11 日 UTC 05:46:23). ARIA 研究团队给出的 GPS 监测结果显示太平洋板块的西向俯冲在震后仍在持续, 在 11 日 UTC 05:55~14:00 时间段内地表位移量最大达 0.4 m 左右 (ftp://sideshow.jpl.nasa.gov/pub/usr/ARIA/ARIA_postseismic_offsets.v0.3.table), 所以本研究中日本境内 IGS 台站震后 18 h 的数据解算结果包含了显著的震后滑移信息, 但这些台站的位移非本研究的重点, 不会对远场同震位移的分析产生根本性的影响. 联合

处理全球 IGS 台站的数据确保参考框架的统一和自治, 保证了远场同震位移的可靠性.

获得的远场同震位移结果如图 1 和表 S1 所示, 由此可以看出此次地震在我国东北、华北及朝鲜半岛产生了明显的同震水平位移. 最大位移发生在中国吉林省东部边境地区, 达 35 mm, 方向南东东. 朝鲜半岛位移~20 mm, 方向正东. 我国华北东部地区也监测到毫米至厘米级位移, 方向近正东, 例如北京地区位移 6~9 mm, 天津地区位移 8~9 mm. 华东沿海地区可见毫米级位移. 位移量向西迅速衰减, 在我国西部如兰州、成都和昆明及欧亚大陆北部贝加尔湖地区已趋近于零. 日本境内数个 IGS 台站的位移矢量与 ARIA 研究团队给出的结果基本吻合. 整体图像遵从弹性半空间逆冲破裂造成的位移场分布特征^[3]. 地震造成的垂向位移在中国东部地区很微弱, GPS 的定位精度还不能检测到.

截止到目前, 日本宫城地震的破裂模型反演都是基于地震波形数据和/或日本境内的 GPS 同震位移数据. 这些破裂模型在没有远场同震位移数据的约束下是否能够达到足够的精度存在疑问. 我们采用导出的远场同震位移数据对 Wei 等人(http://www.Tectonics.caltech.edu/slip_history/2011_taiheiyo-oki/#slip)根据地震波形数据和日本境内 GPS 同震位移数据反演得到的同震破裂模型进行检验, 结果发现该模型虽然能够很好地预测地震对中国东部大部分区域的形变场影响, 但在中国与俄罗斯交界的东北部地区却存在厘米级的系统偏差, 其原因有待后续的深入研究. 无论如何, 远场同震位移数据将对地震破裂模型的精化提供有益的帮助.

日本宫城地震是否会对中国东北和华北地区的地震活动产生影响是人们十分关注的问题. 嵇少丞认为中国东部的郯庐断裂带和日本海沟同属于一个地质构造系统, 太平洋板块的俯冲对郯庐断裂带可能产生的影响值得担忧(<http://bbs.sciencenet.cn>). 以往的一些研究也认为太平洋板块的西向深度俯冲造成东北地区的深源地震活动, 并由此对东北和华北地区的浅源地震活动产生影响^[4,5]. 李文英等人^[6]分析了华北地区 6 级以上地震活动与日本海沟地区 7 级以上地震活动的关系, 认为两个地区群体地震活动在时间轴上的不均匀分布及起伏具有一定的同步性. 为此, 我们就日本宫城地震造成的区域应变场变化和地震活动两个方面进行简要的分析.

日本宫城地震是否会对中国东北和华北地区的地震活动产生影响是人们十分关注的问题. 嵇少丞认为中国东部的郯庐断裂带和日本海沟同属于一个地质构造系统, 太平洋板块的俯冲对郯庐断裂带可能产生的影响值得担忧(<http://bbs.sciencenet.cn>). 以往的一些研究也认为太平洋板块的西向深度俯冲造成东北地区的深源地震活动, 并由此对东北和华北地区的浅源地震活动产生影响^[4,5]. 李文英等人^[6]分析了华北地区 6 级以上地震活动与日本海沟地区 7 级以上地震活动的关系, 认为两个地区群体地震活动在时间轴上的不均匀分布及起伏具有一定的同步性. 为此, 我们就日本宫城地震造成的区域应变场变化和地震活动两个方面进行简要的分析.

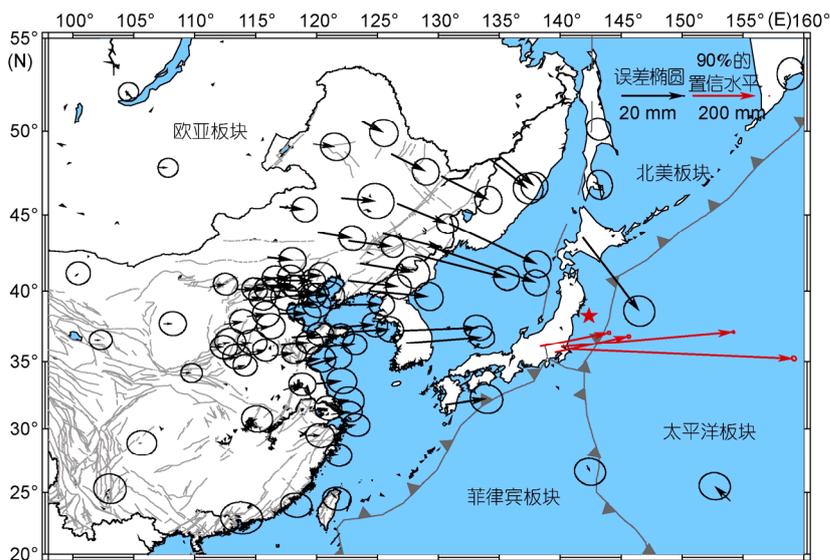


图 1 GPS 观测到的日本宫城 $M_w 9.0$ 级地震在中国东部地区产生的同震位移

我们基于同震位移场采用插值的方法计算水平应变场^[7]。从图2给出的水平主应变可以看出地震在郯庐断裂带的不同段落产生了不同程度的张性应变。郯庐断裂带北段(依兰-伊通断裂带和敦化-密山断裂带)张性应变相对比较明显,最大处约为 40 nano-strain。假定上地壳介质剪切模量为 3.0×10^{10} Pa, 断层摩擦系数为 0.8, 加之顾及剪切应力的变化, 可以推算地震同震位移对断裂带加载的静态库仑应力最大不会超过 0.002 MPa。最新的研究表明郯庐断裂带北段的依兰-伊通断裂带具有明显的全新世活动特征, 并控制了东北地区微震和中等强度地震的发生^[8]。所以, 日本宫城地震的同震效应可能会对郯庐断裂带北段的地震活动产生一定的影响, 但对郯庐断裂带其他段落和中国东部地区其他断裂带的影响甚微。

从图 2 还可以看出, 长白山火山正处于地震造成的应变场膨胀区域。

这意味着此次地震可能对火山的岩浆通道产生扩张作用, 从而使岩浆的上涌更为通畅^[9]。因此, 此次地震有可能造成长白山火山活动的增加^[10]。

此外, 我们统计分析了 2010 年 6 月 1 日~2011 年 3 月 31 日东北和华北地区的地震活动频度(图 3), 结果显示 3 月 11 日日本宫城地震发生后近 3 周内东北和华北地区并没有出现更频繁的微震活动。这与我们观测到的 2004 年印尼苏门答腊地震造成我国川滇地区微震活动显著增加^[11]的现象不同, 也说明此次地震的同震效应对郯庐断裂带的构造加载有限。

值得一提的是, 地震的发生会对区域应力应变场产生影响, 这种影响一般会通过断层面的震后滑移、下地壳-上地幔的弛豫形变持续作用几年、几十年、甚至上百年。已有的研究表明, 一些板块边界上由大地震震后持续不断的非震滑移所释放的能量甚至与主震相当^[12-14], 而且下地壳-上地幔的弛

豫形变会影响更大的范围。因此, 在未来几年我们需要利用陆态网络的 GPS 观测资料继续跟踪研究日本宫城地震造成的东北和华北地区应力应变场随时间的演化, 从而深入理解断裂带构造加载的进程和地震危险性的变化, 同时, 加强研究此次地震对东北长白山火山的诱发作用, 密切监测火山活动, 为东北和华北地区的防震减灾工作提供依据。

日本宫城地震发生后, 陆态网络的 GPS 观测资料在第一时间让我们了解了地震所造成的地壳运动状态的变化, 同时为认识地震的破裂过程提供了重要基础数据。与流动的、不定期的 GPS 观测相比, 连续的 GPS 观测网络能够更加快捷、更加高精度地获取地震所造成的同震位移场和震后形变场及其时空演化过程。陆态网络的建成和运行, 必将极大地提升地壳形变的监测能力, 使捕捉地震前兆信息和洞悉大震形变场演化的全过程成为可能。

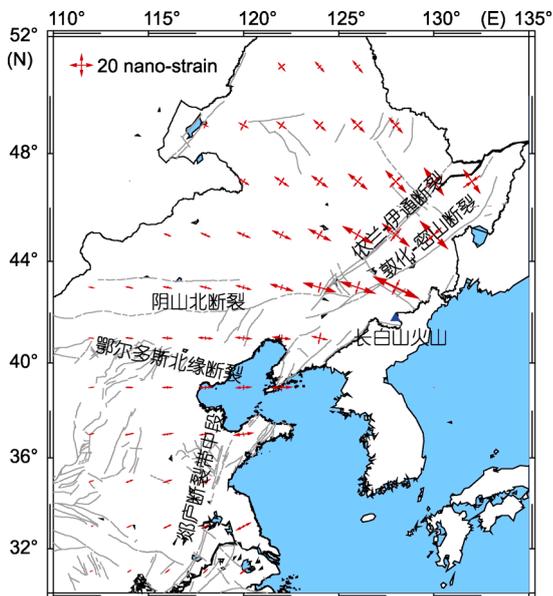


图 2 日本宫城 M_w 9.0 级地震造成的水平主应变分布

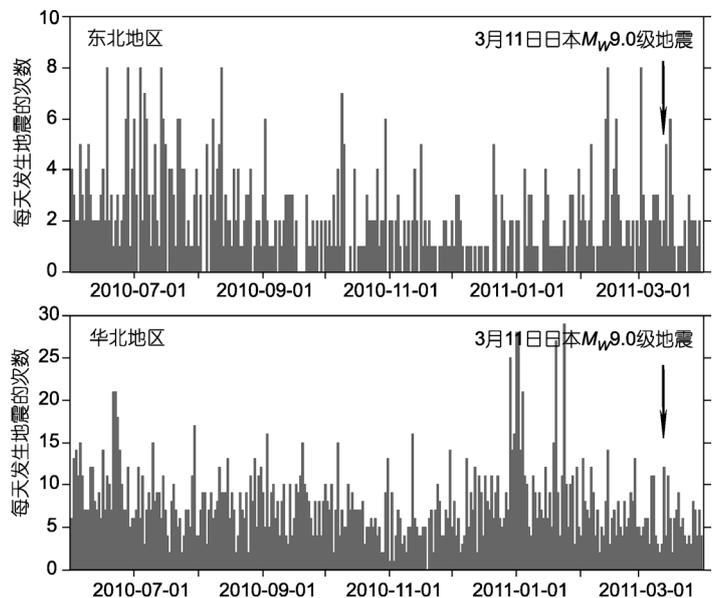


图 3 日本宫城 M_w 9.0 级地震前后中国东北和华北地区的地震活动频度

参考文献

- 1 DeMets C, Gordon R G, Argus D F, et al. Effect of recent revisions to the geomagnetic reversal time scale on estimates of current plate motions. *Geophys Res Lett*, 1994, 21: 2191–2194
- 2 Herring T A, King R W, McClusky S C. GAMIT Reference Manual: GPS Analysis at MIT. Release 10.4. Cambridge MA: Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, 2010
- 3 Okada Y. Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space. *Bull Seism Soc Am*, 1985, 75: 1135–1154
- 4 孙文斌, 和跃时, 李英波. 日本海区板块俯冲与华北地震. *地震学报*, 1985, 7: 33–44
- 5 孟宪森, 郑辉, 姜锦华. 西太平洋板块俯冲与我国东北和华北块体地震活动. *东北地震研究*, 2003, 19: 13–18
- 6 李文英, 王秀英. 华北地区与日本海沟地震的相关性分析. *地震*, 1996, 16: 219–224
- 7 Shen Z-K, Jackson D D, Ge B X. Crustal deformation across and beyond the Los Angeles basin for geodetic measurements. *J Geophys Res*, 1996, 101: 27957–27980
- 8 闵伟, 焦德成, 周本刚, 等. 依兰-伊通断裂全新世活动的新发现及其意义. *地震地质*, 2011, 33: 141–150
- 9 Walter T R, Amelung F. Volcanic eruptions following $M \geq 9$ megathrust earthquakes: Implications for the Sumatra-Andaman volcanoes. *Geology*, 2007, 35: 539–542
- 10 王凡, 沈正康, 王阎昭, 等. 2011年3月11日日本宫城 $M_w 9.0$ 级地震对其周边地区火山活动的影响. *科学通报*, 2011, 56: 1080–1083
- 11 王敏, 张培震, 沈正康, 等. 全球定位系统(GPS)测定的印尼苏门答腊巨震的远场同震地表位移. *科学通报*, 2006, 51: 365–368
- 12 Heki K, Miyazaki S, Tsuji H. Silent fault slip following an interplate thrust earthquake at the Japan Trench. *Nature*, 1997, 386: 595–598
- 13 Nishimura T, Miura S, Tachibana K, et al. Distribution of seismic coupling on the subducting plate boundary in northeastern Japan inferred from GPS observations. *Tectonophysics*, 2000, 323: 217–238
- 14 Ozawa S, Kaidzu M, Murakami M, et al. Coseismic and postseismic crustal deformation after the $M_w 8$ Tokachi-oki earthquake in Japan. *Earth Planets Space*, 2004, 56: 675–680

补充材料

表 S1 GPS 观测到的日本宫城 $M_w 9.0$ 级地震的远场同震位移

本文的以上补充材料见网络版 csb.scichina.com. 补充材料为作者提供的原始数据, 作者对其学术质量和内容负责.

表 S1 GPS 观测到的日本宫城 M_w 9.0 级地震的远场同震位移

站点名	站点位置(°)		同震位移		相关性
	经度	纬度	东向分量(m)	北向分量(m)	
AHBB	117.296	32.905	0.005 ± 0.0019	0.002 ± 0.0018	-0.043
BJFS	115.892	39.609	0.006 ± 0.0021	0.000 ± 0.0021	-0.042
BJGB	117.158	40.692	0.009 ± 0.0018	0.000 ± 0.0018	-0.048
BJSH	116.224	40.251	0.008 ± 0.0019	0.000 ± 0.0018	-0.044
BJYQ	115.968	40.370	0.008 ± 0.0018	0.000 ± 0.0017	-0.045
CHUN	125.444	43.790	0.018 ± 0.0018	-0.006 ± 0.0018	-0.057
DLHA	97.378	37.381	0.001 ± 0.0018	0.000 ± 0.0017	0.012
DXIN	100.201	40.984	0.001 ± 0.0018	0.001 ± 0.0018	0.002
GUAN	113.340	23.185	0.002 ± 0.0031	-0.001 ± 0.0025	-0.043
HAHB	114.519	35.658	0.005 ± 0.0019	0.001 ± 0.0018	-0.045
HAJY	112.447	35.163	0.004 ± 0.0021	0.001 ± 0.0019	-0.029
HECC	115.840	40.884	0.008 ± 0.0020	0.000 ± 0.0020	-0.051
HECD	117.918	41.016	0.010 ± 0.0021	0.000 ± 0.0020	-0.049
HECX	116.931	38.465	0.008 ± 0.0020	0.000 ± 0.0019	-0.052
HELQ	114.309	38.247	0.006 ± 0.0020	0.001 ± 0.0020	-0.042
HELY	114.707	37.399	0.006 ± 0.0021	0.001 ± 0.0020	-0.045
HETS	118.295	39.736	0.010 ± 0.0021	0.000 ± 0.0020	-0.053
HEYY	114.156	40.127	0.007 ± 0.0019	0.000 ± 0.0018	-0.046
HEZJ	114.900	40.828	0.007 ± 0.0021	0.000 ± 0.0020	-0.049
HLAR	119.741	49.270	0.006 ± 0.0022	-0.001 ± 0.0022	-0.108
HLFY	134.277	48.367	0.011 ± 0.0022	-0.010 ± 0.0024	-0.042
HLHG	130.236	47.353	0.015 ± 0.0020	-0.008 ± 0.0022	-0.045
HLWD	126.136	48.671	0.010 ± 0.0020	-0.005 ± 0.0021	-0.038
HRBN	126.620	45.703	0.015 ± 0.0016	-0.007 ± 0.0016	-0.045
JIXN	117.530	40.076	0.009 ± 0.0016	-0.001 ± 0.0015	-0.047
JLCB	128.106	42.411	0.029 ± 0.0019	-0.009 ± 0.0019	-0.060
JLYJ	129.505	42.875	0.033 ± 0.0019	-0.012 ± 0.0020	-0.058
JSLs	119.419	31.349	0.006 ± 0.0020	0.001 ± 0.0019	-0.049
JSLY	119.467	34.722	0.009 ± 0.0020	0.003 ± 0.0019	-0.066
JSNT	120.890	31.953	0.006 ± 0.0022	0.001 ± 0.0021	-0.056
JSYC	120.019	33.376	0.008 ± 0.0022	0.001 ± 0.0020	-0.056
KUNM	102.797	25.030	0.001 ± 0.0023	0.001 ± 0.0023	-0.035
LNDD	124.327	40.032	0.019 ± 0.0021	-0.002 ± 0.0021	-0.066
LNJZ	121.740	39.092	0.013 ± 0.0019	0.000 ± 0.0018	-0.055
LNSY	123.579	41.827	0.017 ± 0.0024	-0.003 ± 0.0024	-0.070
LNyK	122.603	40.684	0.015 ± 0.0019	-0.003 ± 0.0019	-0.055
LUZH	105.414	28.872	0.001 ± 0.0022	0.000 ± 0.0020	-0.008
NMAG	122.627	43.303	0.014 ± 0.0017	-0.003 ± 0.0017	-0.053
NMAL	120.113	43.863	0.011 ± 0.0020	-0.002 ± 0.0020	-0.056
NMDW	116.963	45.513	0.008 ± 0.0019	-0.001 ± 0.0019	-0.057
NMER	123.727	50.576	0.006 ± 0.0021	-0.003 ± 0.0022	-0.037
NMTK	111.252	40.261	0.005 ± 0.0018	0.001 ± 0.0017	-0.037
NMWL	122.027	46.041	0.011 ± 0.0027	-0.001 ± 0.0027	-0.060
NMZL	115.980	42.233	0.008 ± 0.0020	-0.001 ± 0.0020	-0.051
SDCY	119.460	36.754	0.010 ± 0.0019	0.001 ± 0.0018	-0.055

(表 S1)续

站点名	站点位置(°)		同震位移		
	经度	纬度	东向分量(m)	北向分量(m)	相关性
SDJX	116.351	35.427	0.007 ± 0.0018	0.001 ± 0.0017	-0.044
SDLY	118.288	35.000	0.008 ± 0.0022	0.001 ± 0.0021	-0.051
SDQD	120.304	36.077	0.011 ± 0.0018	0.000 ± 0.0017	-0.056
SDRC	122.421	37.170	0.014 ± 0.0020	0.001 ± 0.0019	-0.062
SDYT	121.436	37.483	0.013 ± 0.0019	0.001 ± 0.0018	-0.056
SDZB	117.992	36.806	0.009 ± 0.0020	0.001 ± 0.0019	-0.050
SHAO	121.200	31.100	0.006 ± 0.0017	0.001 ± 0.0015	-0.066
SUIY	130.908	44.433	0.028 ± 0.0020	-0.015 ± 0.0021	-0.062
SXCZ	113.180	36.225	0.005 ± 0.0021	0.001 ± 0.0020	-0.060
SXDT	113.392	40.122	0.006 ± 0.0019	0.000 ± 0.0018	-0.044
SXGX	111.900	36.252	0.004 ± 0.0023	0.001 ± 0.0022	-0.037
SXLF	111.371	36.084	0.004 ± 0.0020	0.001 ± 0.0019	-0.041
SXLQ	114.021	39.382	0.006 ± 0.0020	0.001 ± 0.0019	-0.055
SXTY	112.433	37.712	0.005 ± 0.0020	0.001 ± 0.0019	-0.041
TAIN	117.123	36.214	0.009 ± 0.0020	0.001 ± 0.0019	-0.049
TJBD	117.399	39.697	0.009 ± 0.0019	0.000 ± 0.0019	-0.050
TJBH	117.689	39.084	0.009 ± 0.0021	0.000 ± 0.0020	-0.051
WUHN	114.357	30.532	0.003 ± 0.0023	0.001 ± 0.0020	-0.043
XIAA	108.986	34.178	0.003 ± 0.0016	0.000 ± 0.0015	-0.017
XIAM	118.083	24.450	0.001 ± 0.0023	-0.001 ± 0.0019	-0.058
XNIN	101.774	36.601	0.001 ± 0.0017	0.000 ± 0.0016	0.002
YANC	107.437	37.779	0.003 ± 0.0020	0.000 ± 0.0019	-0.018
ZHNZ	113.105	34.521	0.004 ± 0.0018	0.001 ± 0.0017	-0.035
ZJJD	119.274	29.475	0.004 ± 0.0020	0.000 ± 0.0018	-0.056
ZJWZ	120.763	27.934	0.004 ± 0.0019	0.000 ± 0.0017	-0.065
ZJZS	121.989	30.071	0.005 ± 0.0019	0.001 ± 0.0018	-0.068
AIRA	130.600	31.824	0.013 ± 0.0024	0.002 ± 0.0022	-0.068
CCJ2	142.195	27.068	0.001 ± 0.0022	-0.002 ± 0.0021	-0.079
CNMR	145.743	15.230	0.001 ± 0.0029	0.000 ± 0.0027	-0.015
DAEJ	127.374	36.399	0.023 ± 0.0019	0.002 ± 0.0018	-0.064
GUAM	144.868	13.589	0.001 ± 0.0030	0.001 ± 0.0029	-0.175
IRKT	104.316	52.219	0.001 ± 0.0015	0.000 ± 0.0015	0.012
*KGNI	139.488	35.710	0.239 ± 0.0030	0.058 ± 0.0035	-0.163
KHAJ	135.046	48.521	0.011 ± 0.0020	-0.011 ± 0.0021	-0.034
*KSMV	140.658	35.955	0.716 ± 0.0028	-0.035 ± 0.0032	-0.186
MCIL	153.979	24.290	-0.006 ± 0.0023	0.006 ± 0.0021	-0.055
*MTKA	139.561	35.680	0.236 ± 0.0025	0.057 ± 0.0025	-0.099
PETS	158.650	53.023	0.001 ± 0.0020	0.001 ± 0.0025	0.013
STK2	141.845	43.529	0.017 ± 0.0023	-0.025 ± 0.0024	-0.041
SUWN	127.054	37.276	0.024 ± 0.0020	0.001 ± 0.0019	-0.099
*TSKB	140.087	36.106	0.547 ± 0.0020	0.051 ± 0.0020	-0.103
TWTF	121.165	24.954	0.003 ± 0.0021	-0.002 ± 0.0017	-0.064
ULAB	107.052	47.865	0.003 ± 0.0015	0.000 ± 0.0015	0.004
*USUD	138.362	36.133	0.219 ± 0.0024	0.048 ± 0.0024	-0.102
YSSK	142.717	47.030	0.002 ± 0.0019	-0.001 ± 0.0023	-0.053

注: *表示台站为日本境内的 IGS 站, 所给出的同震位移包含了震后 18 个小时的震后滑移量