

张志中, 潘华, 黄昭, 王善雄, 游良斌, 鄢家全, 吴宣. 2009. 台湾及台湾海峡地震活动对大陆地区的影响. 地震学报, 31(3): 319-332.

Zhang Zhizhong, Pan Hua, Huang Zhao, Wang Shanxiong, You Liangbin, Yan Jiaquan, Wu Xuan. 2009. Impacts of the Taiwan and Taiwan Strait earthquakes on China mainland. *Acta Seismologica Sinica*, 31(3): 319-332.

台湾及台湾海峡地震活动对大陆地区的影响^{*}

张志中¹⁾, ^{*} 潘华¹⁾ 黄昭²⁾ 王善雄²⁾
游良斌²⁾ 鄢家全¹⁾ 吴宣¹⁾

1) 中国北京 100081 中国地震局地球物理研究所

2) 中国福州 350003 福建省地震局

摘要 根据已有和近年来补充调查的资料, 阐明了台湾及台湾海峡地震对大陆东南沿海地区影响的差异, 并通过对以下问题的分析, 探讨了其结果在震害防御与历史地震考证方面的意义: ① 台湾地区的强震频度较高, 间隔时间从几年到数十年, 但对大陆沿海地带的最大影响烈度仅为Ⅵ度, 最大有感半径达1100 km, 有感地带的宽度大于500 km. 这些地震在大陆地区可产生数毫米位移的长周期地面运动; ② 台湾海峡西侧滨海断裂带发生的强震, 其频度不如台湾地区高, 却因距离大陆较近, 最大影响烈度达Ⅷ—Ⅸ度, 最大有感半径大于1000 km, 有感地带的宽度大于400 km; ③ 我国东南沿海地带的震害防御策略, 宜在着重考虑滨海断裂带强震影响的同时, 还要注意台湾地震对工程结构造成的损伤, 以及恐震心理引发的哄动社会效应影响; ④ 大陆地区记载到的1517年5月19日地震事件, 宜视为台湾地区的强震影响更为妥切.

关键词 台湾 台湾海峡 地震影响 震害防御 历史地震

文章编号: 0253-3782(2009)03-0319-14

中图分类号: P315.5

文献标识码: A

Impacts of the Taiwan and Taiwan Strait earthquakes on China mainland

Zhang Zhizhong¹⁾, ^{*} Pan Hua¹⁾ Huang Zhao²⁾ Wang Shanxiong²⁾
You Liangbin²⁾ Yan Jiaquan¹⁾ Wu Xuan¹⁾

1) Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China

2) Earthquake Administration of Fujian Province, Fuzhou 350003, China

Abstract: Based on existed and recently investigated data, this paper presents the different affects of the Taiwan and Taiwan Strait earthquakes on southeastern coastal region of China mainland. We did the following researches and showed that our research results are of significance in historical earthquake con-

* 基金项目 地震行业专项“核电厂地震安全问题研究”(200708003)资助. 中国地震局地球物理研究所论著09AC1006.

收稿日期 2008-05-05 收到初稿, 2008-11-04 决定采用修改稿.

† 通讯作者 e-mail: zhizhong1954@126.com

firmation and seismic hazard prevention. ① Taiwan strong earthquakes occur frequently, with a time interval of a few years to decades. However, the mainland coastal region were only affected with the maximum intensity of degree VI, the maximum felt radius of 1100 km and the felt zone width of 500 km or more. These earthquakes could induce long period ground displacement of a few millimeters on the mainland. ② The earthquakes in western Taiwan Strait region occurred with a frequency less than that in the Taiwan region, but they induced the maximum intensity of VIII-IX on the mainland because of closer distance. The maximum felt radius of them is more than 1000 km, with the width of felt zone greater than 400 km. ③ The strategy of seismic hazard prevention for southeastern coastal region of China should focus on resisting possible impact from the earthquakes in western Taiwan Strait, and should also pay attention to possible damage and probable psychological panic induced by Taiwan earthquakes. ④ It is appropriate to treat the literal records on 19 May 1517 earthquake registered in the mainland region as the impact of a strong earthquake in Taiwan region.

Key words: Taiwan; Taiwan Strait; historical earthquake; seismic impact; seismic hazard prevention

引言

从浙江经福建至广东省的我国东南沿海地带,不仅人口稠密、经济发达,其地震危险性也高于毗邻的华南内陆地区。该地带的地震危险性除受本地可能发生的中强地震的影响外,主要是来自台湾及台湾海峡强震活动的影响。由于台湾及台湾海峡与大陆的地震环境有所不同,其地震影响亦有差别,相应的防御策略宜有所不同。再者,要核定某些大陆记载到的历史地震事件是来自台湾还是台湾海峡,也可借助该震对两地区地震影响的差异来分析判定。

本文根据《中国历史强震目录》(国家地震局震害防御司,1995)和《中国近代强震目录》(中国地震局震害防御司,1999)汇集的资料,以及近年来台湾地区发生的强震对大陆地区的影响情况调查结果和仪器记录数据,首次较系统地分析了台湾及台湾海峡地震对大陆地区的影响。其结果不仅有助于合理评价东南沿海地带的地震危险性,也为合理认识某些历史地震事件提供了依据。

1 地震构造环境

众所周知,地震的发生与特定的地震构造及区域地球动力环境等密不可分(马宗晋等,2000;徐锡伟等,2002)。台湾地区位于菲律宾和琉球两条俯冲构造带的交接部位,在台湾岛的南、北两端以北西向转换断层与之相接。由于菲律宾海板块与欧亚大陆板块的相互碰撞—聚合作用,在台湾岛形成了以中央山脉为主要代表的挤压构造变形带,发育着大量走向北东—近南北的叠瓦状逆冲或逆掩断层,构造变形和地震活动都非常强烈。这种碰撞挤压作用还影响到台湾海峡和东南沿海等地。随着与板块边界的距离增大,构造变形和地震活动相应减弱,但影响范围较大(图1)。

台东纵谷是欧亚大陆板块东南缘与菲律宾海板块西北角之间的构造缝合带(何春荪,

1994), 以东的“台湾动力触角”为板块碰撞构造外带(图1中I), 经历了复杂和强烈的海陆板块碰撞和聚合作用, 发育海岸山脉、绿岛—兰屿(岛链)及相应的走滑-逆断层。其晚更新世以来主要表现为最新地层的褶皱和倾斜, 以及强烈的地震活动, 多次发生7级以上地震, 最大震级达8级。

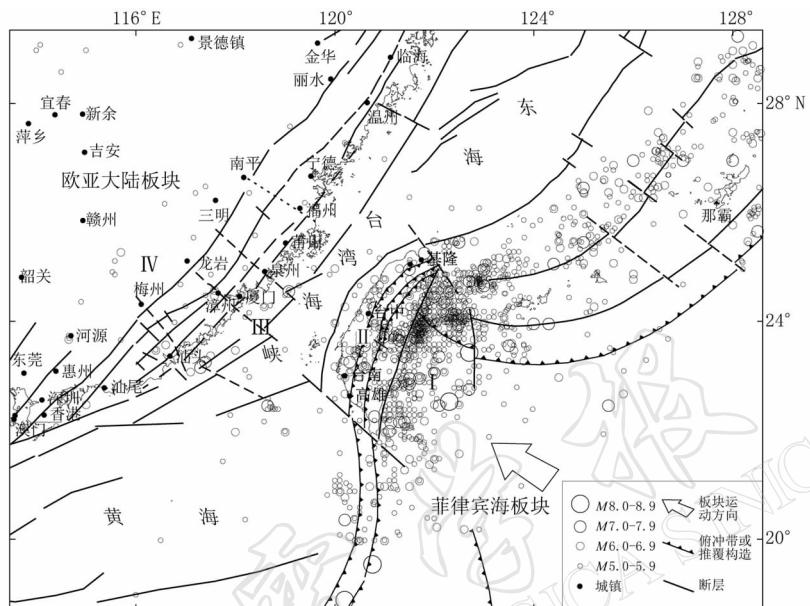


图1 区域地球动力学模型示意图

I. 板块碰撞构造外带; II. 板块碰撞构造内带; III. 台湾海峡坳陷构造区; IV. 东南沿海隆起构造区

Fig. 1 Sketch of regional geodynamics model

I. Outer belt of plate collision; II. Inner belt of plate collision; III. tectonic depression in the Taiwan Strait region; IV. tectonic uplift in southeastern coastal region

台湾中央山脉和西部山麓平原是板块碰撞构造的内带(图1中II)。中央山脉为台湾强烈隆升的地区, 地质上为叠瓦状推覆构造, 火山活动强烈, 地震活动较频繁, 山麓及平原发育向北西微凸的弧形断裂系, 是菲律宾海板块向欧亚大陆板块仰冲作用的结果(何春荪, 1994)。这些逆冲(掩)断裂具有很强的构造和地震活动性, 经常发生7级以上浅源大地震。该断裂系有不断向西扩展的趋势, 地质上表现为越来越年轻的地层出露, 构成台湾西部强震活动带, 最大地震7 $\frac{3}{4}$ 级。

台湾海峡坳陷构造区(图1中III)介于台湾岛与大陆之间, 为复合型的前陆盆地。其北部为隐伏隆起与盆地相间, 中部为澎湖隆起, 南部为隐伏盆地, 晚第三纪至今沉积厚度达数千米, 两侧分别被滨海断裂和台西断裂控制。其中的滨海断裂与北东走向的50 m海水等深线基本吻合, 为新生代强烈坳陷的台湾海峡盆地西部构造边界, 为全新世活动断裂带, 1600年以来发生过3次7级以上地震, 最大为1604年泉州海外7 $\frac{1}{2}$ 级地震。

东南沿海隆起构造区(图1中IV)位于沿海陆地一侧, 分布有长乐—诏安等北东向断裂带, 并有北西向断裂切割, 以大面积掀斜隆起及差异沉降和继承性断裂活动为基本特征, 断裂与断块的差异活动控制着区内的地质-地貌发育和地震活动。但是, 这些断裂带的地震活动在强度和频度上, 均比滨海断裂带弱得多。近500多年来, 沿长乐—诏安断裂带的中

强地震($M=5\frac{3}{4}$ — $6\frac{3}{4}$)主要发生在潮州和漳州等地,最大地震为 $6\frac{3}{4}$ 级.

本文所述之台湾地区,系指图1中的I, II, III区内为紧邻台湾岛的台西断裂带,而台湾海峡地区则为III区内的滨海断裂带.台湾地区的地震活动频度高、强度大,但与大陆的距离大于170 km;海峡西侧滨海断裂带的地震活动频度虽远远低于台湾地区,但与大陆的距离只有20余公里.因此,本文拟分别论述两地区地震对大陆的影响.

2 台湾地区地震的影响

在我国境内,台湾地区的地震活动不仅频度高,而且强度大,自1900年以来已发生过42次7级以上地震.通常情况下,台湾地区的强震都能引起东南沿海地带强烈有感,有感范围涉及江西、湖北等内陆地区,个别强震还在沿海造成一定的震害.随着经济的发展,城市化进程加快,高楼林立、人口密集,人们对地震更为敏感,对台湾地震的影响也就倍加关注.

2.1 历史地震的影响

虽然台湾地区的强震对大陆的影响较频繁,但影响范围较广,记载确切的地震事件并不多见.现从《中国历史强震目录》(国家地震局震害防御司,1995)和《中国近代地震目录》(中国地震局震害防御司,1999)中选出5次较典型的地震,概述如下:

1) 1811年3月18日发生在台湾新竹西海中的 $6\frac{3}{4}$ 级地震,曾造成福建莆田、永定及浙江永嘉(温州)、建德和乐清有感.

2) 1815年10月13日发生在台湾桃园外海域的 $6\frac{1}{4}$ 级地震,在福建省福州及内地各府州,浙江省慈溪、永靖、金华、建德以及广东省潮阳、潮州等地有感.

3) 1867年12月18日台湾基隆北海中的7级地震,曾引起福建崇安、浙江宁波、象山、温岭、慈溪、镇海、黄岩、乐清,上海及江西省九江、波阳、金溪均有感.

4) 1966年3月13日在花莲东北海中发生的7.8级地震,曾造成福建省漳州、泉州、诏安、平潭、南平、三明,浙江省衢县、丽水、遂昌,香港和九龙均有感.

5) 1986年11月15日在花莲海中发生的7.3级地震,福建全省,浙江温州、杭州及上海有感,而且在平潭县及福清的龙高半岛、莆田和长乐的沿海地带造成房屋轻度破坏,墙体开裂,个别老旧房屋倒塌,滑坡等现象,烈度可达VI度(中国地震局震害防御司,1999).

上述5次台湾地区的强震中,除1986年的7.3级地震在平潭及福清龙高半岛等造成轻微损坏外,均只在大陆地区造成有感记载.根据《中国历史强震目录》(国家地震局震害防御司,1995)和《中国近代地震目录》(中国地震局震害防御司,1999)给出的等震线分布图,将上述5次地震的有感范围示于图2中.

图2表明,台湾地区7级左右的地震,能够在东南沿海至内陆纵深达数百公里范围造成有感至轻微破坏的影响.值得注意的是,在《福清市志》(福清市志编纂委员会,1994)上,关于1986年11月15日7.3级地震灾害的记述为:“福清县大部分地区强烈有感,人们普遍被震醒,感受到左右前后摇晃.部分老旧的危房也震裂损坏.由于震后连续暴雨、刮大风,致使福清受灾面积较大.”这揭示出1986年地震影响较重.可能与震后的暴雨、狂风灾害叠加有关.

2.2 近年来的地震影响

20世纪90年代以来,台湾地区曾发生过多次对大陆有显著影响的大地震,包括1994

年9月16日7.3级地震、1999年9月21日7.6级地震和2006年12月26日7.2级地震等。这些地震的影响情况,尚未列入正式出版的地震目录中。本文根据搜集到的资料和补充调查结果,尽可能给出相应于大陆地区的等震线分布图,以便进一步论述台湾地震对大陆地区的影响。

2.2.1 1994年9月16日台湾西南海域7.3级地震

该震震中位于台湾西南部海中,震中位于 118.5°E 、 23.0°N ,距福建省东山县约180 km。这次地震虽然发生在海中,但由于震级大,有感范围较大,北至上海、南京、合肥、武汉,西至长沙、南宁、香港等地。福建南部沿海地区震感尤为强烈,并造成一定程度的破坏。特别是漳州市5个县、市破环最为明显,老旧的农家房屋普遍出现裂缝,墙壁抹灰剥落。地震引起强烈地震动,人们惊慌失措,造成3人死亡,110人重伤。根据福建省地震局和广东省地震局的调查结果(福建省地方志编辑委员会,2001),该地震在大陆地区造成VI度和V度的影响。其中,VI度区北起泉州的石狮市南,向西南延伸,经广东惠来县境入海。

本文作者在从事粤东核电厂厂址选择的地震安全性评价工作中,曾对该次地震的影响进行过调查。在揭阳、惠来和潮南陇田镇等地,只是普遍有感,少数人惊逃户外,未见器物移动或房屋破坏的现象。至于“揭东县某小学楼梯坍塌,伤数十名学生”之个别现象,不足以作为评定烈度之依据。因此,本文对上述VI度区的等震线有所修改,将揭阳和惠来划入V度区,VI度等震线的西南段由潮州经潮南西入海。

据调查,该次地震在福建全省有感;江西省普遍有感,南昌市的高层建筑内震感明显;杭州市高层建筑普遍有感;上海15层以上居民普遍有震感;南京、合肥、武汉,长沙、南宁和香港等地有震感。

根据以上资料,可将1994年9月16日台湾西南海域7.3级地震对大陆地区的影响情况绘制图3。图中只绘出了VI度和V度等震线及有感范围。由于缺少具体地点的地震宏观资料,暂不能给出IV度或III度的等震线。图3中的有感范围外包线,主要依据各大城市高层建筑上有震感而勾画的,现行《中国地震烈度表》(GB/T17740-1999)(全国地震标准化技术委员会,2004)未列这方面的标志,大致相当于烈度II度。

2.2.2 1999年9月21日台湾集集7.6级地震

1999年9月21日1时47分的台湾集集7.6级地震,震中位于 121.1°E 、 23.7°N ,曾引起福建、浙江、江苏、江西和广东地区不同程度的震感,在福建沿海地带的房屋有损坏,人们惊逃户外,死1人、伤10余人。有关这次地震对大陆地区的影响情况,至今未见相关

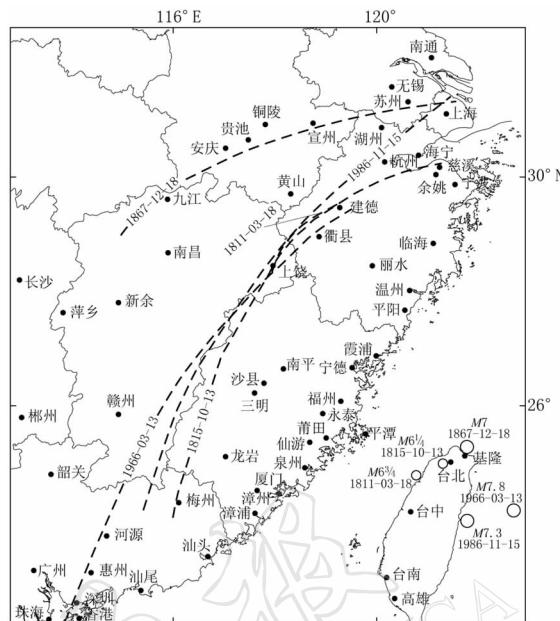


图2 5次台湾地震的有感范围

Fig. 2 Felt area of 5 Taiwan earthquakes

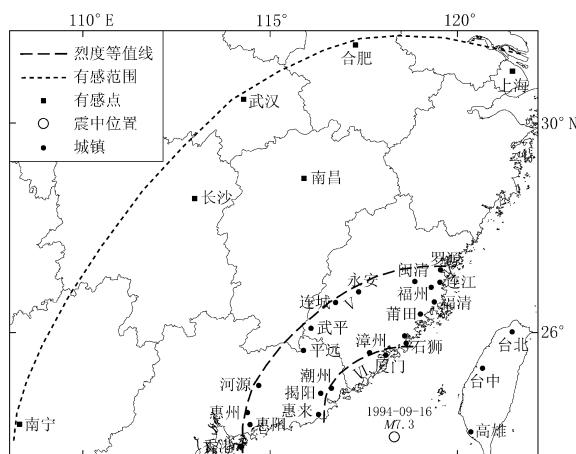


图 3 1994 年 9 月 16 日台湾西南海域 7.3 级地震等震线及有感点位

Fig. 3 Isoseismals and felt points of the Sep. 16, 1994, M7.3 earthquake in the sea region southwest to Taiwan

南京、南昌等地，仅造成高层建筑内的民众有震感。

2.2.3 2006 年 12 月 26 日台湾西南海域 7.2 级地震

2006 年 12 月 26 日台湾西南海域发生 7.2 级地震，震中位于 $120.6^{\circ}\text{E}, 21.9^{\circ}\text{N}$ ，震中距台湾岛约 15 km，距大陆最近海岸线约 350 km。这次地震造成 2 人死亡，40 余人受伤，3 间民宅倒塌，震断 24 条海底光缆，造成中国大陆、台湾、香港、澳门地区以及新加坡、马来西亚等地的通信受阻。该震对福建、浙江、江苏、广东等地区有不同程度的震感。地震之时，本文作者中的鄢家全和王善雄正好途经厦门，住在集美山水宾馆框架结构六层楼房的第四层，感到座椅咯吱作响，震动持续约 20 s，宾馆内多数人纷纷逃往楼外。厦门地区移动通讯一度中断。根据搜集到的相关资料，可将该次地震对大陆地区的影响情况简述列为附表 2。

该地震影响范围较大，在福建省的福州、厦门、漳州、泉州、莆田等沿海地区震感非常强烈，居民纷纷从家中和办公室内跑下楼。宁德、三明、南平、龙岩等地震感也十分明显，各地出现居民出户避险的现象。江西省大部分地区有不同程度震感，尤其是赣南地区震感明显，少数群众出门避震。广东珠江三角洲地区普遍有

论述。

作者在从事“福建福清核电厂厂址地震安全性评价”工作时，曾对该次地震在厂址附近的影响情况进行了专门调查，并请有关省地震局的专家协助调查，现将有代表性的场点影响情况列为附表 1a, b。

根据附表 1 所列各地的烈度值，可以勾绘出大陆地区的等震线分布概况（图 4）。图 4 所示结果表明，1999 年 9 月 21 日台湾南投 7.6 级地震，曾影响到从东南沿海到华南、华中近千公里范围不同程度的震感。在福建省平潭、莆田、泉州、厦门、漳州等沿海地带震感强烈，引起恐慌，并有房屋轻微损坏。该震波及到杭州、上海、

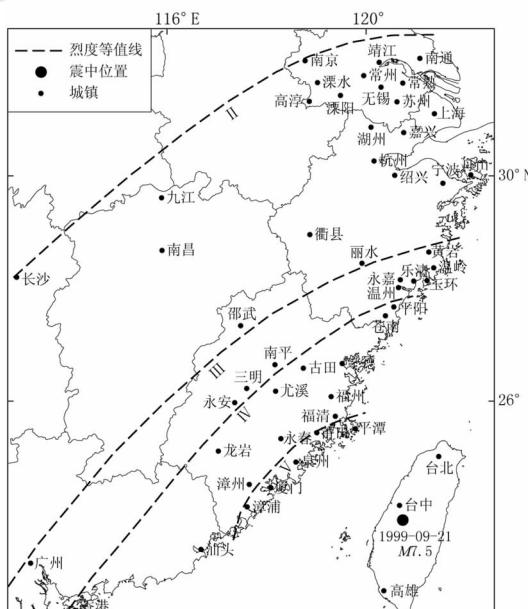


图 4 1999 年台湾集集 7.6 级地震在大陆的等震线图

Fig. 4 Isoseismals in China mainland region generated by 1999 M7.6 Chi-Chi earthquake

感, 粤东地区各市强烈有感.

因可确定影响烈度的场点(附表 2)有限, 暂不能绘制等震线图. 但据现有资料, 仍可以大致了解该地震对大陆地区的影响. 2006 年 12 月 26 日台湾西南海域发生的 7.2 级地震, 曾对大陆厦门至汕头的沿海地带造成 V 度影响, 最远影响到武汉等地, 影响距离达 1100 km, 有感影响带宽度大于 600 km.

2.3 小结

根据本节所述内容, 将台湾地区发生的 7 级左右地震对大陆地区的影响概括为表 1. 表中有感带宽度, 系指从 IV—VI 度等震线与有感范围外边界之间的距离.

表 1 台湾地区强震对大陆的影响情况

Table 1 Impact of the Taiwan and Taiwan Strait earthquakes on China mainland

序号	日期		震中位置		震级	最近距离 /km	最大影响烈度	最大有感半径 /km	有感带宽度 /km
	年-月-日		$\varphi_N/^\circ$	$\lambda_E/^\circ$					
1	1811-03-18		120.8	24.8	6 3/4	200	IV	600	300
2	1815-10-13		120.3	25.0	6 3/4	170	IV	550	300
3	1867-12-18		121.8	25.3	7.0	220	IV	750	350
4	1966-03-13		122.7	24.2	7.8	420	IV	700	300
5	1986-11-15		121.81	24.02	7.3	280	VI	650	250
6	1994-09-16		118.5	23.0	7.3	180	VI	1000	550
7	1999-09-21		121.1	23.7	7.6	240	V	1000	500
8	2006-12-26		120.6	21.9	7.2	400	V	1100	600

表 1 所列数据说明, 台湾地区发生的强震虽然频度较高, 强震间隔时间从几年到数十年, 但距大陆较远, 最近的距离约 170 km, 对大陆沿海地带的最大影响烈度为 VI 度, 最大有感半径达 1100 km, 有感带宽度大于 250 km. 表 1 和图 2、图 3 所示结果表明, 近年来发生的大地震之有感范围较大, 有可能是现代高楼多了, 对长周期地震动影响更为敏感所致. 为了进一步了解台湾地区大地震对大陆的影响, 根据《中国地震年报》(中国地震局地球物理研究所, 1994, 1999)、《中国地震台网观测报告》(中国地震局地球物理研究所, 2002)和《中国地震台站观测报告》(中国地震台网中心, 2006)公布的数据, 列出了有代表性的最大位移及相应周期值(表 2).

表 2 台湾地震在大陆部分台站记录到的最大位移及相应周期值

Table 2 Maximum displacement and corresponding period recorded at some seismic stations on China mainland for Taiwan earthquakes

台站	1994-09-16 M7.3 地震			1999-09-21 M7.6 地震			2002-03-31 M7.5 地震			2006-12-26 M7.2 地震		
	震中距 /°	最大位移 /μm	周期 /s									
泉州台				2.4	限幅	限幅	3.4	3787	14.1	3.6	5532	15.3
温州台				4.1	限幅	限幅	3.9	5870	16.1	6.0	1370	20.4
广州台	5.0	限幅	限幅	7.0	限幅	限幅				6.8	1573	16.5
余山台	8.8	1940	8.0	7.2	2871	10.0	6.9	2383	21.2	9.2	2391	22.4
南京台	9.5	2140	9.0	8.4	292	10.0	8.3	5946	17.1			
合肥台				8.6	5650	8.0	8.8			10.4	1870	17.4
武汉台	8.9	2222	14.0	8.9	1300	8.0	9.4	3910	18.3	10.3	3015	14.3
长沙台				8.4	842	10.0	9.2	1385	18.3	9.4	1536	14.7

注: 表中数据来自中国地震局地球物理研究(1986, 1994, 1999, 2002)和中国地震台网中心(2006).

表 2 所列数据表明, 台湾地区发生的 7 级以上强震, 在沿海至内陆(300—1100 km)的广阔范围内, 均能产生数毫米位移的长周期地面运动。这也是东南沿海到华南内陆地区, 住在高层建筑内的人们对台湾地震感觉明显的原因。大位移的长周期地面运动可能会造成某些工程结构的损伤。多次地震作用导致的损伤, 必将使其防震性能降低。

3 台湾海峡地震的影响

台湾海峡西侧滨海断裂带的地震活动频度远低于台湾地区, 从公元 1600 年以来, 仅有 4 次较全的强震资料可作分析。包括:

1) 1600 年 9 月 29 日广东南澳附近 7 级地震。经近年来的复核论证^{①②}, 该震震中宜在距南澳岛 20 km 的南澎列岛附近。该震在南澳造成“城垣、衙署、民舍倾圮殆尽。人民压死无算, 是夜连震三四次, ”影响烈度达Ⅷ—Ⅸ度; 在大陆沿海的诏安和惠来等地“城倒三百九十余堞, 坏屋伤人”, 以及“墙屋皆裂”, 影响烈度达Ⅶ—Ⅸ度。该震最远影响到江西波阳、永宁, 广东省广州等地有感(国家地震局震害防御司, 1995, p141—142)。

2) 1604 年 12 月 29 日福建泉州海外 7½ 级地震。该震在泉州造成“郡城楼铺、雉堞倾圮殆尽。开元寺镇国塔顶盖棟石断, 从南圮者有二, 东南隅圮者有八, 颓而下诸级, 沿所压者皆圮, 地裂, 清源山崩。山石海水皆动, 复舟甚多。”其影响烈度达Ⅸ度。该震最远影响到苏州, 铜陵和江西瑞昌等地有感(国家地震局震害防御司, 1995, p143—144)。

3) 1906 年 3 月 28 日厦门海外 6½ 级地震。该震在厦门和泉州等地造成“民房倒塌、石坊崩倒和佛殿神祠等倾斜”, 烈度达Ⅵ—Ⅷ度; 福建省福州、莆田、漳州、龙岩、永春、南平、晋江安海镇以及广东省汕头和香港地区有感, 上海及江西赣州、龙南、定南、全南等地微震; 其有感地带(Ⅴ—Ⅲ度)的宽度约 400 km(国家地震局震害防御司, 1995, p453—455)。

4) 1918 年 2 月 13 日南澳附近 7.3 级地震。该震震中在南澳南澎列岛附近(23.2°N、117.4°E)。根据震后的《南澳县志》记载: “民国七年夏历正月初三午刻地大震, 一日数次, 未刻一次更剧, 其声如雷, 县城尤甚, 廟署庐舍倾塌十之七八, 压斃居民四百余, 伤者三千余, 隆澳死伤百余, 云澳死伤五十余, 塌屋亦多。诚亘古以来未有之巨灾^③”。地震时县城所在的深澳镇, 石碑坊、祠堂、民居等地震损坏遗迹至今保留完好, 石柱断裂和墙壁裂缝现象清晰可见。该地震对南澳影响烈度达Ⅷ—Ⅸ度。该震还在诏安、汕头、潮安、揭阳等地造成房屋倒塌, 人民死伤严重, 烈度达Ⅷ—Ⅸ度。地震最远影响到香港、广州、长沙、岳阳、武汉、安庆、扬州、上海、杭州等地有感(中国地震局震害防御司, 1999, p9—11)。

根据国家地震局震害防御司(1995)和中国地震局震害防御司(1999)的资料, 绘制了以上 4 次强震的综合等震线图(图 5), 并得到对大陆地区影响情况的主要数据(表 3)。由图 5 和表 3 所示结果说明, 台湾海峡西侧滨海断裂带发生的强震, 虽然频度不如台湾地区高, 但因距大陆较近, 最近的 20 km, 对大陆的最大影响烈度达Ⅷ—Ⅸ度, 最大有感半径大于 1100 km, 有感带的宽度大于 400 km。仅在南澳、汕头、诏安一带曾有强震影响重复发生, 间隔时间达 300 年。

① 广东省地震局。1985. 汕头广澳开发区地震小区划报告。

② 中国地震局地球物理研究所。2006. 粤东核电项目乌屿厂址地震专题报告。

③ 陈光烈主撰。1945. 南澳县志。香港大学冯平山图书馆存。

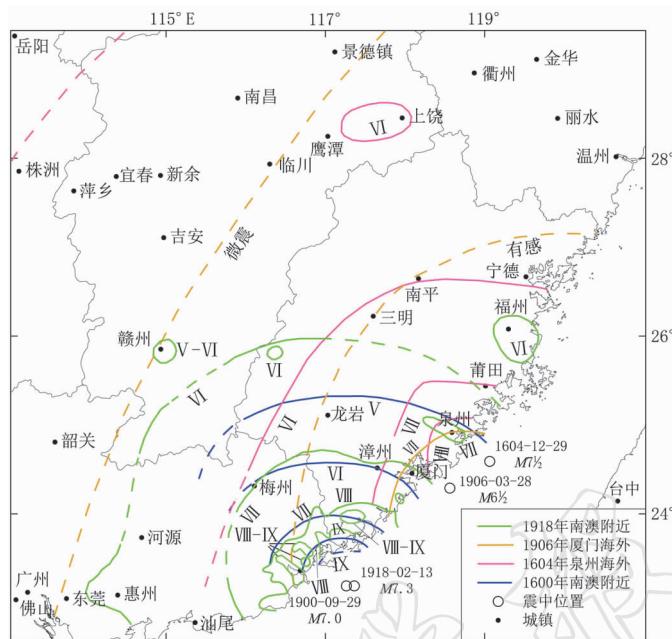


图 5 台湾海峡 4 次强震的综合等震线图

Fig. 5 Integrate isoseismals for 4 earthquakes in Taiwan Strait region

表 3 台湾海峡 4 次强震对大陆沿海的影响情况

Table 3 Impact of 4 Taiwan Strait earthquakes on offshore region of China mainland

序号	日期	震中位置		震级	最近距离 /km	最大影响烈度	最大有感半径 /km	有感带宽度 /km
	年-月-日	$\varphi_N/^\circ$	$\lambda_E/^\circ$					
1	1600-09-29	23.5	117.2	7	20	Ⅷ—Ⅸ	700	450
2	1604-12-29	24.7	119.0	7½	50	Ⅷ	950	400
3	1906-03-28	24.3	118.6	6¼	50	Ⅷ	600	450
4	1918-02-13	23.2	117.4	7.3	20	Ⅷ—Ⅸ	1000	450

4 讨论与结论

现将本文所得结果在地震灾害防御和历史地震事件考证方面的意义予以探讨, 望对相关的研究工作有所裨益。

4.1 关于东南沿海地带的震灾防御策略

我国东南沿海地带的地震危险性, 一方面是来自本地可能发生的中强地震影响, 另一方面则是来自台湾海峡和台湾地区强震活动的影响。在本文所得结果的基础上, 再将图2至图5与《中国地震烈度区划图(1991)》(国家地震局, 1991)和《中国地震动参数区划图(2001)》(中国地震局, 2001)进行比较后可知, 台湾强震的频度较高, 但对大陆沿海地带的最大影响仅为Ⅵ度, 小于当地的地震基本烈度; 而台湾海峡西侧滨海断裂带发生的强震, 其频度虽较低, 但影响烈度却大于或等于当地的地震基本烈度。所以, 东南沿海地带的震灾防御策略, 宜在着重考虑滨海断裂带强震影响的同时, 还需注意台湾强震对工程结构造成的影响以及恐震心理引发的哄动社会效应影响。

4.2 1517 年地震事件考证

关于 1517 年 5 月 19 日的地震事件，在《中国历史强震目录》(国家地震局地震防御司，1995, 510 页)第三部分附录中曾列有该事件，并认为震中可能在台湾地区。在新的《福建省历史强震简目》(2006)中，将该地震的震中定在平潭附近(25.3°N 、 119.6°E)，震级为 $5\frac{1}{2}$ 级^①。

根据《中国地震历史资料汇编》第二卷所记载资料(谢毓寿,蔡美彪,1985):①《正德实录》卷一四八页4(苏本页5)及《明史·五行志》记“[正德十二年四月甲子](十九日)江西抚州及余干、丰城县,福建泉州府俱地震。浙江金乡卫自是日至七月己丑,地凡十有五震,出自黑毛,长尺”;②康熙《海宁县志》卷十二记“正德十二年四月甲子夜地震”;③道光《福建通志》卷二七一记“[正德十二年]四月十九日,福州、泉州、延平、兴化、福宁同日地震。仙游震三次,踰一日复震四次。福州、泉州是岁五、六震,皆有声”;④嘉靖《仙游县志》卷八记“正德十二年四月十九日,地震三次,二十一日地震四次”;⑤嘉靖《沙县志》卷一记:“正德十二年四月十九日夜地震”;⑥正德十五年刊本《福州府志》卷三三记“正德十二年四月,先城中震,连五、六日,或五、六震,有声”;⑦《正德实录》卷一四八页5记“[正德十二年四月辛未]福建福州府自乙丑至是日,地数震”;⑧乾隆《连江县志》卷一三记“[正德]十二年夏,地震有声,五日乃止”;⑨万历《永福县志》卷一记“正德十二年四月地震。是岁,凡五、六震,皆有声”;⑩崇祯《闽书》卷一四八记“正德十二年四月地震,是岁地五、六震,皆有声。”康熙《金谿县志》卷一三记“正德十二年丁丑夏旱,地震。”康熙《丰城县志》卷一记

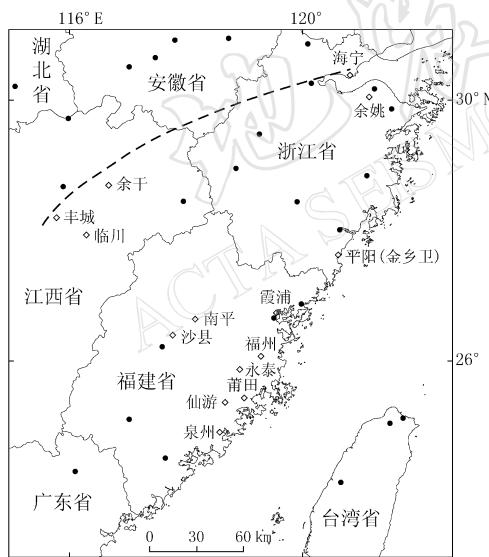


图 6 1517 年 5 月 19 日地震的有感记载点分布

◦ 1517 年地震有感记载点；• 台湾地震有感记载点

Fig. 6 Distribution of felt points for the

May 19, 1517, $M5\frac{1}{2}$ earthquake

- ♦ Felt points for the 1517 earthquake;

- Felt points for Taiwan earthquakes

“正德十二年四月地震。”万历《余姚县志》卷二三记“正德十二年四月地震。”

上述资料表明, 1517 年 5 月 19 日 [明正德十二年] (四月十九日) 有一次确凿无疑的历史地震事件, 并具有以下特点:

1) 资料可信. 绝大部分资料均引自《武宗实录》、《正德实录》、《明史·五行志》、《福建通志》、《闽大记》、各府府志和县志等文献. 其中的多数文献记载时间准到四月十九日, 个别县志(如浙江海宁和福建沙县)还记载到四月十九日夜.

2) 有感范围很大. 仅以记载“四月十九日地震”的资料, 就涉及福建泉州、福州、延平、兴化、福宁、仙游、沙县, 江西抚州、余干和丰城, 浙江海宁(盐官)、金乡卫(平阳)等(图 6). 图 6 表明, 1517 年 9 月 19 日地震的有感记载点不仅仅是福建省内的 8 个点, 而且包括了浙江省的金乡卫、余姚和

① 福建省地震局文件[闽震(2006)22号],2006年1月20日发,关于转发福建省若干历史地震复核结果和使用统一的福建省历中地震目录的通知,附件2,福建省历中强震简目(公元963—2005年)

海宁，以及江西省的抚州、余干和丰城。该有感范围近南北方向从泉州至海宁的距离约680 km，近东西方向从金乡卫—丰城，约480 km。在此如此大的范围内均只记“地震”，难以区分影响程度的大小，应为远场大地震的影响所致。

3) 沿海地带记载多次地震。从浙江金乡卫起，经福建福州至沙县等地，均记载到多次地震，而内陆地带却只记载到四月十九日地震，有可能是来自海域方向的主余震型大地震的影响。

4) 沿海地带的福州和泉州还记有地声。与大地震相伴的地声可以传播很远。例如1604年泉州海外7½级地震，在震中距约250 km的霞浦记载为“夜大震如雷，山谷响应；”在震中距约350 km的邵武记载为“戌时地震，数百里有声。”

将图6与图2至图5进行对比，并参考表1和表3所列参数进行分析后可知，当以有感半径大于500 km计，其震级 $\geq 6\frac{1}{2}$ 级，如果该地震事件发生在平潭附近的滨海断裂带上，应像1906年3月28日厦门海外6¼级地震那样，在沿海地带造成破坏。但史料记载表明，在近500 km宽的有感带范围内，难以区分地震影响程度的轻与重，不大可能是滨海断裂带上的地震。将其视为台湾地区的“主余震”强震事件更为妥切。

根据本文以上论述，可知台湾及台湾海峡西侧滨海断裂带上发生的强震，对大陆东南沿海至内陆的影响存在显著的差异：

台湾地区发生的强震虽然频度较高，强震间隔时间从几年到数十年，但因距大陆较远，最近约170 km，对大陆沿海地带的最大影响烈度为Ⅵ度，最大有感半径达1100 km，有感地带(烈度Ⅴ—Ⅱ度)宽度大于500 km。这些强震在沿海至内陆数百至上千公里的广阔地域上，均能引起数毫米位移的长周期地面运动，不仅使高层建筑内的人们震感明显，还可能引起某些工程结构的损伤(叶振民，蔡欣欣，2007)。

台湾海峡西侧滨海断裂带发生的强震，其频度不如台湾地区的高，却因距大陆较近，最近距离约20 km，对大陆沿海地带的最大影响烈度达Ⅷ—Ⅸ度，最大有感半径达1000 km，有感地带的宽度大于400 km。仅在南澳、汕头、诏安一带曾有强震影响重复发生，间隔时间达300年。

袁定强、陈修民、李起彤、杨彩霞、卢福水、温增平、曾建华、吴健等为本文提供了宝贵的调查资料，尤惠川为本文提出了宝贵的修改建议。在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- 福建省地方志编辑委员会. 2001. 福建省志·地震志[M]. 北京: 中国社会科学出版社: 41.
- 福清市志编纂委员会. 1994. 福清市志[M]. 厦门: 厦门大学出版社: 136.
- 国家地震局. 1991. 中国地震烈度区划图[M]. 北京: 地震出版社.
- 国家地震局震害防御司. 1995. 中国历史强震目录[M]. 北京: 地震出版社: 141—144, 453—455, 510.
- 何春荪. 1994. 台湾地质概论[M]. 台北: 经济部中央地质调查所: 143—146.
- 马宗晋, 王乾盈, 徐杰, 聂逢君, 张进. 2002. 台湾海峡两岸横向构造的对比研究[J]. 中国科学(D辑), 32(6): 441—451.
- 全国地震标准化技术委员会. 2004. 中国地震烈度表(GB/T17742—1999)[S]. 北京: 中国标准出版社.
- 谢毓寿, 蔡美彪. 1985. 中国地震历史资料汇编, 第二卷[M]. 北京: 科学出版社: 244—245.
- 徐锡伟, 朱金芳, 吴建春, 黄宗林, 张先康. 2002. 福州市活断层探测设计[M]. 北京: 地震出版社: 1—74.
- 叶振民, 蔡欣欣. 2007. 台湾恒春海外强震影响和厦门市地震应急工作的思考[J]. 国际地震动态, (6): 38—42.

- 中国地震局. 2001. 中国地震动参数区划图(GB18306-2001)[S]. 北京: 中国标准出版社.
- 中国地震局震害防御司. 1999. 中国近代地震目录[M]. 北京: 中国科学技术出版社: 9-11, 184, 387-388.
- 中国地震局地球物理研究所. 1986. 中国地震台网观测报告[M]. 北京: 地震出版社: 1273-1274.
- 中国地震局地球物理研究所. 1994. 中国地震年报[M]. 北京: 地震出版社: 753-754.
- 中国地震局地球物理研究所. 1999. 中国地震年报[M]. 北京: 地震出版社: 467-468.
- 中国地震局地球物理研究所. 2002. 中国数字地震台网观测报告[M]. 北京: 地震出版社: 153-154.
- 中国地震台网中心. 2006. 中国地震台站观测报告[M]. 北京: 地震出版社: 1922-1923.

附表

附表 1a 1999 年台湾集集 7.6 级地震的影响情况(访谈非专业人员)

Table 1a Impacts of 1999 M7. 6 Chi-Chi earthquake on Chinese mainland
(interviews with non-professional investigators)

序号	地点	被调查人	地震情况	影响烈度
1	前薛村	薛美兴 (村长)	普遍有感, 但无“惊逃户外,”只是早上起来后大家议论昨晚地震有没有感觉. 未见房屋掉瓦、掉墙皮的现象, 也没有器物移动、缸水外溢的现象	IV
2	泽岐村	薛贤越 (村长)	普遍感到震动, 门窗有响动. 未见房屋掉瓦、掉墙皮的现象, 也没有器物移动、缸水外溢的现象	IV
3	福清县城	郑传华 (县地办主任)	住楼房的普遍震感强烈, 50%以上的人惊逃户外, 有恐慌感, 询问电话爆满; 住平房的人感觉比楼房里的人轻. 但未见器物移动的现象	IV
4	三山镇	王海 (镇政府干部)	普遍有感, 且住楼房的感觉强烈, 有人惊逃户外, 狗也叫得厉害. 但房屋没有损坏, 也未见器物明显移动	IV
5	高山镇	翁财文 (镇政府干部)	普遍有感, 门扣有响动, 摆动约 10—20 秒钟, 有人惊逃户外. 但房屋没有损坏, 也未见器物移动	IV
6	平潭县城	黄爱贤 (县地办干部)	普遍有感, 凡是沙土地基房屋内的人感觉都很强, 门窗声响很大, 衣柜门也很响, 人们惊逃户外、或躲到厕所避震. 到晚上人们都不敢回家, 县公安局“110”全出动维持秩序. 县文化馆墙壁裂缝, 有墙皮掉落, 一段“半砖”厚围墙倒塌. 其它单位和部队也反映房屋出现裂缝, 但无倒塌现象. 经实地调查, 县文化馆为 20 世纪 70 年代末建的混泥土结构三层办公楼, 开间较大、窗户过大, 在三楼馆长办公室内外的窗户角均出现裂缝, 并有墙皮掉落迹象	V
7	江阴岛	黄爱贤	被调查人老家在江阴岛, 回家探父母时谈论过该次地震的影响, 普遍感觉震动明显, 但没有房屋损坏	IV

附表 1b 1999 年台湾集集 7.6 级地震的影响情况(专业人员调查)

Table 1b Impacts of 1999 M7. 6 Chichi earthquake on China mainland(Professional investigators)

序号	地点	调查人	地震情况	影响烈度
1	福州市	袁定强 (研究员)	大部分居民被震醒, 人们扶老携幼跑下楼去, 聚在空地或街道上, 迟迟不敢回屋. 吊灯摇摆, 有摞在柜子上的书被震落几本	IV
2	莆田市	袁定强	城乡的绝大多数人惊醒, 近三分之二的人逃出屋外, 挤伤、踩伤 10 余人, 1 人从三楼阳台跌落死亡. 城乡共有 20 多间校舍、民宅出现墙体裂缝、掉瓦等现象. 沿海乡镇的影响较重	V
3	泉州市	袁定强	多数人惊醒, 人吊灯猛烈摇摆, 窗户玻璃砰然有声, 人们纷纷逃到广场、空地、马路上避震. 市地震局内挤满了惊慌的人群	V

续附表 1b

序号	地点	调查人	地 震 情 况	影响烈度
4	厦门市	袁定强 (研究员) 叶振民 (高工)	不仅软土地基的筼筜湖住宅区、湖滨路、东渡、莲花一带震感强烈, 大多数人惊逃户外避震, 而且基岩地基的居民也有不少人惊醒, 逃离住房. 厦门地震台基岩加速度峰值达 $30 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2$	V
5	漳州市	袁定强	市区大多数人强烈有感, 整幢楼房都在摇晃, 门窗作响, 很多人逃到空旷场所避震	IV
6	漳浦县	袁定强	震感强烈, 很多人逃到空旷场所避震, 赤湖、沙西有 4 间无人住的民房倒塌	V
7	永春县	袁定强	县城的房子门窗作响, 部分人惊醒, 跑到户外避震的人不是很多	IV
8	宁德市	袁定强	震感较强烈, 建在软土地基上的房屋摇晃厉害, 门窗作响, 有不少惊醒, 跑到屋外空地避震	IV
9	古田县	袁定强	城关居民普遍有感, 木门门扣有声, 床铺摇晃, 比较多的人逃到户外空旷之地方	IV
10	龙岩市	袁定强	市区震感强烈, 很多人在街心花园过夜, 地震台电话堵塞	IV
11	南平市	袁定强	市区位高层建筑的部分居民惊醒, 近万人逃出户外, 在体育馆等处避震	III
12	邵武市	袁定强	少数人有感	II
13	三明市	袁定强	市区位高层建筑以及沿沙溪河两岸 3—4 层以上的居民感到摇晃, 门窗作响, 大多数家里都开了电灯, 少数人到户外	III
14	永安市	袁定强	沿河单位(尼纶厂、储木场等)有一些居民惊醒, 但外逃的不多, 一些值夜班的人打电话到地震台询问情况	III
15	龙溪县	袁定强	大部分人都有震感, 许多人逃到户外空旷场地避震	IV
16	苍南县 平阳县 (研究员)	陈修民	两层楼以上的居民都有明显震感, 并造成市民恐慌	IV
17	温州市 永嘉县 乐清县 台州市 黄岩市 温岭市 玉环市	陈修民	震感明显	III
18	丽水市 衢州市	陈修民	少数人或高层建筑内的人有震感	II
19	宁波市 杭州市 舟山市 绍兴市 湖州市 嘉兴市	陈修民	有震感	II
20	上海市	张志中 (高工)	15 层以上高层普遍有震感	II
21	南京市	李起彤 (研究员)	10 楼以下民众无震感, 10 层楼以上民众很多有震感	II

续附表 1b

序号	地点	调查人	地震情况	影响烈度
22	常州市 溧阳县 无锡市 (高工) 南通市 苏州市 溧水市 常熟市 高淳市 靖江市	李起彤 杨彩霞	有震感	II
23	南昌市	卢福水 (高工)	高层建筑内的居民普遍有感，楼层越高，感觉越明显	II
24	九江市	卢福水	有震感	II
25	长沙市	曾建华 (高工)	高层建筑内的居民有震感	II
26	汕头市	张志中	市内大量房屋都发生了较为剧烈的晃动	IV
27	广州市	张志中	有不同程度震感	III
28	香港	张志中	市民报告有感地震数目 47(起)	IV

附表 2 2006 年 12 月 26 日台湾西南海域 7.2 级地震的影响

Table 2 Impacts of 2006 M7.2 earthquake in the sea region southwest to Taiwan

序号	地点	调查人	地震情况	影响烈度
1	厦门市	叶振民 (研究员) 王善雄 (研究员) 鄂家全 (研究员)	普遍震感强烈，座椅晃动，楼房咯吱作响，莲花五村部分居民逃出户外空地避震。厦门地震台基岩加速度峰值达 $20 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2$ 。110, 120 等部门紧急准备抢险救灾，但未有灾害发生	V
2	汕头市	张志中 (高工)	市区大量房屋都发生了较为强烈的晃动，人站立不稳，盘中水晃动，许多民众逃到户外避震。震了 3 次，每次震感约 10 s 或更长，这是 12 年来感受到的最强地震	V
3	广州市	张志中	楼房内的部分人有感，家中鱼缸和饮水机剧烈晃动，挂的衣服在晃动	III
4	东莞市	张志中	震感明显	III
5	揭阳市	张志中	有震感	II
6	深圳市	张志中	福田莲花二村、宝安西乡和新安、罗湖水贝等区楼房发生明显晃动，家具发生剧烈的摇晃，许多民众逃到户外避震，在楼下尚可感到摇晃	IV
7	南昌市	张志中	有震感	II
8	赣州市 瑞金市 抚州市	张志中	震感明显，少数群众出门避震	IV
9	吉安市 九江市	张志中	有震感，一些居民在家里感到楼房摇晃	III
10	南京市	李起彤 (研究员)	住在高层楼房内的人们有震感	II
11	香港	张志中	香港天文台接受到多名市民报告，感到轻微震动，为时数秒。天文台确定此地震的影响为 III—IV 度	IV