

DOI: 10.13512/j.hndz.2014.01.008

## 九江-瑞昌 5.7 级地震烈度调查研究

曾新福, 汤兰荣, 卢福水, 江春亮, 毛 华

(江西省地震局, 江西 南昌 330039)

**摘要:** 九江-瑞昌 5.7 级地震作为一个中强地震, 其造成的损失和极震区面积之大确实罕见, 为一典型的小震大灾现象。本文利用大量现场第一手资料, 并从场地条件、地形地貌与地震烈度分布特征之间的关系进行分析, 为这次等震线的划分提供了科学合理的依据。

**关键词:** 烈度; 等震线; 场地条件; 地质构造

**中图分类号:** P316.011      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1001-8662 (2014) 01-0052-06

## Jiujiang – Ruichang $M_s5.7$ Earthquake Intensity Investigation

ZENG Xinfu, TANG Lanrong, LU Fushui, JIANG Chunliang, MAO Hua

(Earthquake Administration of Jiangxi province, Nanchang 330039, China)

**Abstract:** Based on intensity observation, the relationship between site conditions, topography and the form of isoseismal line, a new isoseismal line was obtained for Jiujiang–Ruichang  $M_s5.7$  earthquake in 2005. Compared with the original isoseismal line, this delineation is more scientific rationality.

**Keywords:** Intensity; Isoseismal line; Site condition; Geological structure

### 0 引言

2005年11月26日九江与瑞昌交界处发生5.7级地震, 造成14人死亡, 近百人受重伤, 造成直接经济损失23亿<sup>①</sup>。地震发生后, 地震烈度调查与研究便成了一项重要工作, 通常以自然村为单位进行烈度调查, 根据各调查点的烈度来划出烈

度等震线。此次地震极震区范围及经济损失之大都是超出人们的预想, 并且本次地震的烈度等震线勾画结果存在一些争议<sup>[1]</sup>。为此本文运用大量现场第一手调查资料, 并进行核对, 并结合场地条件和地形地貌等多方面原因进行较为全面、具体的分析, 进而对此次地震烈度等震线的划分进行补充和完善工作。

**收稿日期:** 2013-10-11

**基金项目:** 地震科技星火计划项目(XH12027)资助

**作者简介:** 曾新福, 男, 1979年生, 工程师, 主要从事地震安全性评价方面工作。

**E-mail:** Zengxinful@sina.com.

① 江西省地震局. 11.26 九江-瑞昌 5.7 级地震灾害评估报告, 2005.

## 1 宏观震害调查

2005 年 11 月 26 日 08 点 49 分在九江、瑞昌之间发生 5.7 级地震,江西省地震局迅速派工作小组赶到灾区开展地震监测、地震预报、灾害评估和科考等工作,并得到周边省地震局现场工作队的大力支持。为了便于灾评和科考工作开展,现场工作组根据当地建筑结构特征,统一以房屋破坏程度作为烈度划分的主要标志<sup>[2]</sup>,其它宏观震害现象作为辅助和参考。把基本完好和轻微破坏合成一个破坏档次,为轻微破坏;把严重破坏和毁坏合成一个破坏档次,为严重破坏(不可修复)。因此将本次房屋破坏分为轻微破坏、中等破坏和严重破坏三个破坏等级。根据中国地震烈度表和灾区具体情况制定了各烈度区的破坏标准,该标准具体如下:

(1) VII 度区。所有人震感强烈、仓皇逃出;土木结构房屋部分毁坏,大多数严重或中度破坏,普遍裂缝;砖木房屋普遍裂缝,普遍中度破坏个别毁坏;砖混房屋大部分裂缝,相当部分严重破坏或毁坏,部分倒塌<sup>[3]</sup>;框架结构房屋非承重墙普遍裂缝,柱子和楼板局部轻度裂缝,个别老旧楼房出现中度破坏。部分地下水位浅的地区出现喷砂冒水,并伴有地裂缝;河、湖堤岸张裂,地陷、崩塌现象普遍,公路、铁路护坡裂缝破坏,公路路面出现裂缝。

(2) VI 度区。大部分人震感强烈、仓皇逃出,桌面器物翻倒落地。土木结构房屋普遍裂缝,部

分中度或严重破坏,个别倒塌。砖木房屋大部分出现裂缝,多数轻微破坏;部分达中等以上破坏;砖混房屋大部分出现轻微裂缝,局部达中度破坏;部分地方出现小规模喷砂冒水和崩塌现象。

(3) V 度区。室内普遍有感,少数人惊慌逃出室外,室外多数人有感,门窗、屋顶、屋架颤动作响,不稳定器物翻倒落地。土木房屋部分出现裂缝和屋顶掉瓦,个别老旧土木结构房屋达中度破坏;砖木房屋个别出现裂缝,轻微破坏。框架和砖混结构房屋基本完好。

根据上述烈度划分标志,11·26 九江-瑞昌地震极震区烈度为 VII 度<sup>①</sup>。位于震中最近的港口镇与城门乡一带灾情最严重。其房屋大部分受到严重破坏,墙体裂缝长多数超过其本身长的三分之二,且多为 X 型剪切通透性裂缝,城门乡联盟村多处见裂缝宽达 20~30 cm;在瑞昌市湓城街办、城门乡、新合乡杨桥村等地部分房屋墙体产生错位,上下墙体错距达 6~8 cm。桂林办事处、港口镇魏家墩一线则倒塌比较严重,该地区砖混结构房屋相当部分丧失使用功能;土木结构房屋 70% 受到严重破坏,25% 倒塌或局部倒塌;框架结构房屋受破坏较轻,但也有少数结构设计不规则的受严重破坏,如瑞昌市政府大楼。极震区(VII 度区)自震中往西达瑞昌市高丰镇东面的童家湾,东面达九江县张家渡,南至九江县石咀苏家,向北延到湖北新城镇南缘。主要涉及九江县、瑞昌市及湖北省黄梅县南面少部分地区,大致呈一北东东向展布的不规则椭圆型(图 1)。VI 度区灾情较轻,但涉及面积较大,该区向西到瑞昌市石桥塘,东面达

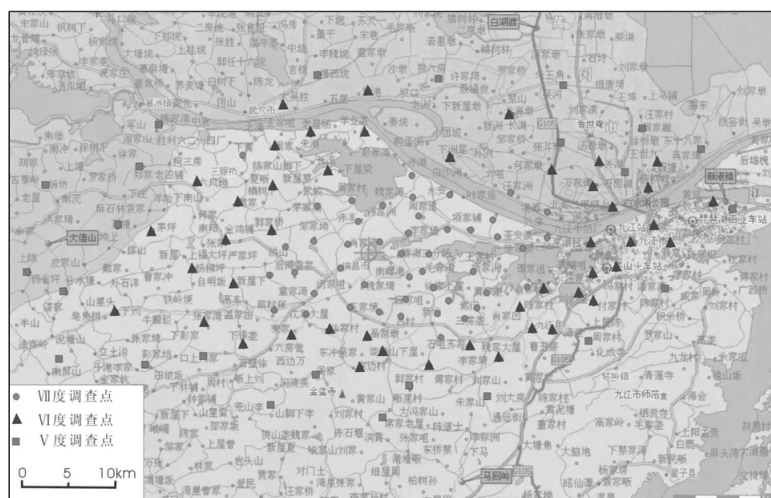


图 1 九江-瑞昌地震烈度调查点分布图

Fig.1 Distribution map of survey points of seismic intensity of Ji Jiang-Rui Chang

①九江-瑞昌 5.7 级地震现场科学考察队. 11.26 九江-瑞昌 5.7 级地震科学考查报告, 2005.

九江县新港镇太平桥村，南至德安县樟树乡，向北延至湖北孔垄镇镇政府南侧，构成一个与Ⅶ度区相似的不规则椭圆型。Ⅴ度区波及范围广，其中南昌、长沙、武汉等地有强烈震感，均在Ⅴ度

区范围内。因Ⅴ度区震害较轻，工作量大，因此本次工作没有准确确定Ⅴ度区等震线。各调查点的破坏等级与烈度详见表 1。

2 烈度分布特征与地形地貌的关系

表 1 调查点破坏等级与烈度对应表

Table 1 The correspondence table of damage level and intensity of survey points

地名	破坏等级	所属县(市)	烈度	地名	破坏等级	所属县(市)	烈度
桂林桥	严重破坏	瑞昌市	Ⅶ	前进	严重破坏	九江县	Ⅶ
何家畈	严重破坏	瑞昌市	Ⅶ	新塘	严重破坏	九江县	Ⅶ
张畈	严重破坏	瑞昌市	Ⅶ	涌泉	严重破坏	九江县	Ⅶ
赛湖农场三分场	严重破坏	瑞昌市	Ⅶ	胡桥	严重破坏	九江县	Ⅶ
五里桥	严重破坏	瑞昌市	Ⅶ	西河	严重破坏	九江县	Ⅶ
丁家村	严重破坏	瑞昌市	Ⅶ	四华	严重破坏	九江县	Ⅶ
潘家堡	严重破坏	瑞昌市	Ⅶ	长岭	严重破坏	九江县	Ⅶ
大路口	严重破坏	瑞昌市	Ⅶ	高丰	中等破坏	瑞昌市	Ⅳ
瑞丰村	严重破坏	瑞昌市	Ⅶ	周家	中等破坏	瑞昌市	Ⅳ
三板桥	严重破坏	瑞昌市	Ⅶ	老屋场	中等破坏	瑞昌市	Ⅳ
裕丰	严重破坏	瑞昌市	Ⅶ	彭家湾	中等破坏	瑞昌市	Ⅳ
庆丰	严重破坏	瑞昌市	Ⅶ	六风坳	中等破坏	瑞昌市	Ⅳ
东关	严重破坏	瑞昌市	Ⅶ	下黄	严重破坏	瑞昌市	Ⅳ
赤丰	严重破坏	瑞昌市	Ⅶ	戴家	中等破坏	瑞昌市	Ⅳ
丁家山	严重破坏	瑞昌市	Ⅶ	郭家桥	中等破坏	瑞昌市	Ⅳ
社下李	严重破坏	瑞昌市	Ⅶ	坳上	中等破坏	瑞昌市	Ⅳ
生机林	严重破坏	瑞昌市	Ⅶ	茅坪	中等破坏	瑞昌市	Ⅳ
戴家村	严重破坏	瑞昌市	Ⅶ	金鸡铺	中等破坏	瑞昌市	Ⅳ
段家湾	严重破坏	九江县	Ⅶ	下刘	中等破坏	瑞昌市	Ⅳ
花园	严重破坏	九江县	Ⅶ	杨柳坪	中等破坏	瑞昌市	Ⅳ
港口	严重破坏	九江县	Ⅶ	新屋下	中等破坏	瑞昌市	Ⅳ
合桥	严重破坏	九江县	Ⅶ	荣家	中等破坏	瑞昌市	Ⅳ
洗心桥	严重破坏	九江县	Ⅶ	张家湾	中等破坏	瑞昌市	Ⅳ
长河	严重破坏	九江县	Ⅶ	吴家墩	中等破坏	九江县	Ⅳ
永安	严重破坏	九江县	Ⅶ	饶家	中等破坏	九江县	Ⅳ
爱民	严重破坏	九江县	Ⅶ	肖家凹	中等破坏	九江县	Ⅳ
爱国	严重破坏	九江县	Ⅶ	付家村	中等破坏	九江县	Ⅳ
青峰	严重破坏	九江县	Ⅶ	陈家村	轻微破坏	九江县	Ⅳ
兴联	严重破坏	九江县	Ⅶ	冯家村	中等破坏	九江县	Ⅳ
立新	严重破坏	九江县	Ⅶ	汪家	中等破坏	九江县	Ⅳ
杨花	严重破坏	九江县	Ⅶ	八里湖村	中等破坏	九江市	Ⅳ
蔡桥	严重破坏	九江县	Ⅶ	余家村	中等破坏	九江市	Ⅳ
石桥	严重破坏	九江县	Ⅶ	新桥村	中等破坏	九江市	Ⅳ
联盟	严重破坏	九江县	Ⅶ	新港	中等破坏	九江市	Ⅳ
关山	严重破坏	九江县	Ⅶ	万家律	中等破坏	黄梅县	Ⅳ
杨桥	严重破坏	九江县	Ⅶ	何家墩	中等破坏	黄梅县	Ⅳ
城门	严重破坏	九江县	Ⅶ	下洲尾	中等破坏	黄梅县	Ⅳ
红旗	严重破坏	九江县	Ⅶ	北海墩	轻微破坏	武穴市	Ⅳ
白坂	严重破坏	九江县	Ⅶ	大吴胜	轻微破坏	武穴市	Ⅳ
金桥	严重破坏	九江县	Ⅶ	五里	中等破坏	武穴市	Ⅳ
黄金	严重破坏	九江县	Ⅶ	陈家湾	轻微破坏	阳新县	Ⅴ
金兰	严重破坏	九江县	Ⅶ	郑家	轻微破坏	阳新县	Ⅴ
小石	严重破坏	九江县	Ⅶ	杨坊	轻微破坏	阳新县	Ⅴ
新合	严重破坏	九江县	Ⅶ	上陈	轻微破坏	阳新县	Ⅴ
利民	严重破坏	九江县	Ⅶ	分水塘	轻微破坏	瑞昌市	Ⅴ

(转下表)

(接上表)

地名	破坏等级	所属县(市)	烈度	地名	破坏等级	所属县(市)	烈度
下彭家	轻微破坏	瑞昌市	V	刘大房	轻微破坏	九江县	V
彭家垱	轻微破坏	瑞昌市	V	邹家湾	轻微破坏	黄梅县	V
周家	中等破坏	瑞昌市	V	关湖	轻微破坏	黄梅县	V
郭家村	轻微破坏	瑞昌市	V	张斗墩	中等破坏	黄梅县	V
周家村	轻微破坏	瑞昌市	V	费六房	轻微破坏	黄梅县	V
潘家湾	轻微破坏	九江县	V	塘四院	轻微破坏	武穴市	V

灾区总体地形地貌为北东向山区与盆地相间分布格局<sup>[4]</sup>。本次地震发生在瑞昌盆地北端。该盆地是一个 NE 向第三纪小型盆地,长 18 km,宽约 5 km,其两侧分别为志留系-泥盆系碎屑岩组成的 NE 向山体<sup>[5]</sup>。该盆地呈一个向北东方向逐渐开阔的喇叭状。瑞昌盆地东侧为海拔一千多米的庐山,西侧为 700 多米七峰山。受东西两侧山脉(地形)的控制,瑞昌盆地走向与两侧山体走向相一致(图 2)。

根据图 1 与图 2 的对比可以看出,此次地震

烈度等震线长轴方向与瑞昌盆地走向基本一致。IV 度等震线在庐山和七峰山附近呈明显的收缩状,这些均说明该地震烈度等震线的走向受盆地和东西两侧地形地貌的影响比较明显<sup>[6]</sup>。具体表现为:沿盆地延伸方向灾情较重,烈度等震线延伸较长;遇到山区灾情明显变轻,对烈度等震线延伸有“阻挠”作用。

3 场地条件与震害的关系



图 2 瑞昌盆地及其周边地形地貌  
Fig.2 Ruichang basin and the surrounding terrain

局部场地条件对地震动有很强的放大或缩小作用,直接影响到震害程度,一般表现为:软弱场地上的震害较坚硬场地上重<sup>[7]</sup>。这次地震之所以会有如此大的损失,其震害之严重,面积之大均超出大家预想,这和房屋所处的场地条件有很大关系。瑞昌盆地上部为中更新世至全新世冲、洪积形成 20~60 m 厚的第四纪松散沉积物。根据钻孔资料显示,盆地覆盖层主要由粉土、粉质粘土、淤泥质粉质粘土及结构松散、饱和状的粉砂、砾砂组成。盆地内有代表性土层详细地质情况见表

2。其中饱和状的粉砂在中强以上地震作用时易产生砂土液化,使其失去对上部荷载的承载能力。本次地震在瑞昌市区及塞湖农场等多处发现明显的砂土液化现象。其中塞湖农场喷砂冒水持续时间长达几小时,最高喷射高度十多米,导致地表淤积了大片的泥砂。

根据九江及灾区周围类似土层剪切波测试结果,瑞昌盆地土层剪切波波速普遍偏低,大部分等效剪切波速范围在 110~160 m/s 之间,依据表 2 该区土层厚度一般为 20~40 m,局部六七十米。

依据表 3 场地类别划分和剪切波速范围对照表。灾区土的类型以软弱土-中软土为主。再对照表 4 可以看出,灾区场地类别以Ⅱ、Ⅲ类居多。从场地土的类型和场地类别可以看出,灾区大部分场

地抗剪切能力差,并对地震效应产生一定的放大作用。

从图 1 中可以看到在下黄的烈度为Ⅶ度,但其周围烈度均为Ⅵ度,经现场核查得知因该处房

表 2 灾区典型钻孔地层分布及土层描述

Table 2 The stratigraphic distribution and soil description of typical drilling in disaster area

土层顺序	土层名称	厚度/m	土层描述
1	杂填土	0~2.0	成分杂,结构松散,稳定性差。
2	粉土	2.0~4.0	浅黄色,结构松软-松散,可塑-软塑状态。
3	粉质粘土	6.0~15.0	灰褐、褐黄色,饱和,可塑状。
4	淤泥质粉质粘土	3.5~9.0	灰褐色,含腐殖质,松软,流塑-软塑状态。
5	含砾粉质粘土	2.0~4.0	土红,棕红色,可塑-软塑状态。
6	粉砂	2.0~3.6	浅黄色,饱和,松散。
7	圆砾	2.5~3.5	褐黄、灰褐色,稍密。
8	卵砾石	3.0~7.0	砖红-浅黄色,稍密。

表 3 土的类型划分和剪切波速范围对照表<sup>[8]</sup>

Table 3 Comparison table of soil types and the shear wave velocity range

土的类型	岩土名称和性状	土层剪切波速范围/m·s <sup>-1</sup>
岩石	坚硬、较硬且完整的岩石	$V_s>800$
坚硬土或软质岩石	破碎和较破碎的岩石或软和较软的岩石,密实的碎石土	$800\geq V_s>500$
中硬土	中密、稍密的碎石土,密实、中密的砾、粗、中砂, $f_{ak}>150$ 的粘性土和粉土,坚硬黄土	$500\geq V_s>250$
中软土	稍密的砾、粗、中砂,除松散外的细、粉砂, $f_{ak}\leq 150$ 的粘性土和粉土, $f_{ak}>130$ 的填土,可塑新黄土	$250\geq V_s>150$
软弱土	淤泥和淤泥质土,松散的砂,新近沉积的粘性土和粉土, $f_{ak}\leq 130$ 的填土,流塑新黄土	$V_s\leq 150$

表 4 场地类别划分表<sup>[8]</sup>

Table 4 Table of site classification

等效剪切波速/m·s <sup>-1</sup>	场地类别			
	I	II	III	IV
$V_{se}>500$	0			
$500\geq V_{se}>250$	<5	$\geq 5$		
$250\geq V_{se}>150$	<3	3~50	>50	
$V_{se}\leq 150$	<3	3~15	>15~80	>80

屋建在新近沉积的粉土、粉质粘土、淤泥质土及粉砂层之上,其结构松散,压实性差,抗剪能力差,所以震害比周围严重。相反,在武山铜矿附近Ⅶ度点群中有Ⅵ度点出现,现场核查结果发现该村庄坐落在Q<sub>2</sub>台地上,其土层较坚硬,地基稳定性好,抗剪切能力强。因此在此次地震中该村比周围盆地场地条件较差的村庄灾情明显更轻。所以房屋所处场地条件差(抗震不利地段)是导致该地震震害严重重要原因之一。

4 结论

依据调查点烈度分布图(图 1),结合灾区地形地貌特征,得出 11·26 九江-瑞昌 5.7 级地震Ⅶ度区与Ⅵ度区的等震线图(图 3),极震区(即Ⅶ度区)的等震线呈近似椭圆型,其长轴呈北东东向,与盆地走向相一致;其长轴长约 30 km,短轴长约 20 km,面积为约 400 km<sup>2</sup>;Ⅵ度区长轴方向北东,长轴长约 65 km,短轴长 44 km,面积为 1 700 km<sup>2</sup>。此次地震灾区面积之大超乎人们的估计,笔者觉得这与中国东部地震震源浅,场地条件差,地震能量衰减慢的特性有关,这类地震往往表现为震级相对较小,灾害较重的特点。而对于相同震级发生在西部地区,由于场地条件相对较好、地震能量衰减快和经济欠发达等因素,其灾害要明显轻于东部地区。这或许是近期东部多次发生地震震级不大,而灾害较大的原因。

通过对烈度调查结果进行较为详细的分析,对部分烈度异常点进行了现场核实,对灾区地形地貌对烈度等震线的影响和场地条件与震害的关系

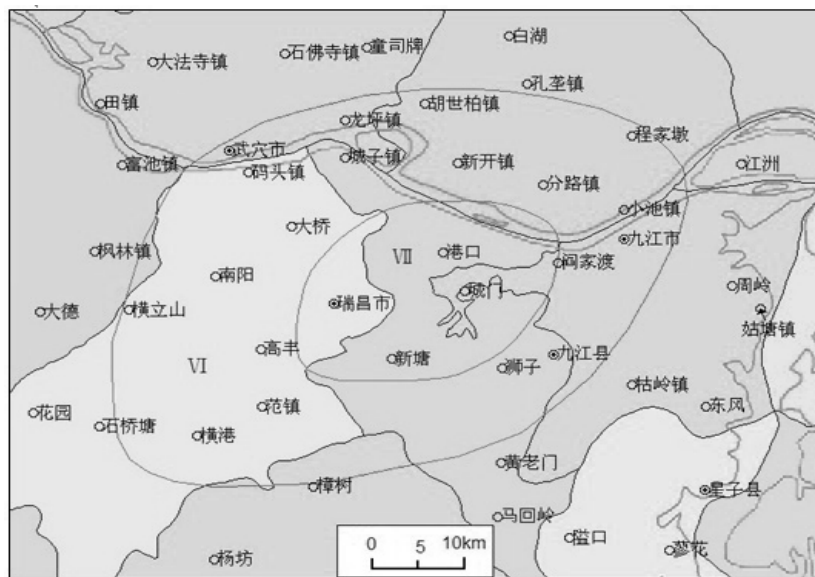


图 3 九江-瑞昌 5.7 级地震烈度等震线图

Fig.3 Isoseismal map of Jiujiang–Ruichang 5.7 earthquake

进行了较深入细致的分析。得出以下主要结论:

(1) 此次地震烈度大小与周围地形地貌有着密切的关系, 表现为相同条件下盆地烈度大于山区烈度, 震害遇山区迅速减小。

(2) 场地条件对该地震的震害起着至关重要的作用,盆地新近沉积场地欠压实,土层抗剪能力差,震害普遍严重;台地上场地土层压实性好,抗剪能力强,震害往往较轻。

(3) 此次地震等震线呈近似椭圆形, 其长轴走向与灾区主要构造方向相一致。

### 参考文献:

- [1] 吕坚, 倪四道, 沈小七, 等, 九江-瑞昌地震的精确定位及其发震构造初探[J]. 中国地震, 2007, 23 (2): 166-174.

- [2] 中国地震局. GB/T18208.3-2011 地震现场工作第 3 部分: 调查规范[S]. 北京: 地震出版社, 2011.
- [3] 中国地震局. GB/T17742-2008 中国烈度表[S]. 北京: 地震出版社, 2008.
- [4] 卢福水. 九江-瑞昌 5.7 地震发震构造初探[J]. 防灾减灾工程学报, 2006, 26 (增刊): 75-82.
- [5] 李传友, 曾新福, 张剑玺, 等. 2005 年江西九江 5.7 级地震构造背景与发震构造[J]. 中国科学 D 辑, 2008, 38 (3): 343-354.
- [6] 高建华, 郑栋, 李超, 2005 年 11 月 26 日九江-瑞昌 5.7 级地震浅析[J]. 气象与减灾研究, 2006, 29 (1): 56-60.
- [7] 彭艳菊, 吕悦军, 黄雅虹, 等. 工程地震中的场地分类方法及适用性评述[J]. 地震地质, 2009, 31 (02): 349-362.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB5011-2010 建筑抗震设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.