

曾新福, 汤兰荣, 江春亮, 等. 九江—瑞昌 5.7 级地震地质灾害特征及发震构造[J]. 华北地震科学, 2018, 36(2): 8-17.

九江—瑞昌 5.7 级地震地质灾害特征及发震构造

曾新福, 汤兰荣, 江春亮, 梁 帅, 牛在坡

(江西省地震局, 南昌 330039)

摘要:以九江—瑞昌 5.7 级地震的大量现场第一手资料为基础, 从烈度等震线、发震构造调查与分析和地震地质灾害特征等多方面、多角度地调查, 分析和研究该地震的发震构造。先通过断层活动性、地震震级与发震构造长度关系等地质分析得出可能的发震构造; 再通过对烈度等震线、各种地震地质灾害分布特征的分析研究, 根据极震区长轴和地震地质灾害优势分布走向得到可能的发震构造; 最后综合分析地质和地震地质灾害研究结果。结果的一致性表明瑞昌—武宁断裂为九江—瑞昌 5.7 级地震的发震构造。

关键词:九江—瑞昌 5.7 级地震; 发震构造; 地震地质灾害; 瑞昌—武宁断裂

中图分类号: P315.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-1375(2018)02-0008-10

doi: 10.3969/j.issn.1003-1375.2018.02.002

0 引言

北京时间 2005 年 11 月 26 日 08 时 49 分, 在江西省九江县与瑞昌市交界处发生了 $M_s 5.7$ 地震。此次地震是江西境内继 1987 年寻乌 5.5 级地震后的又一次影响巨大的破坏性地震, 也是近年来我国损失较大、灾害较严重的地震事件之一。地震震灾范围波及江西省九江县、瑞昌市以及湖北省黄梅县、武穴市, 共造成 13 人死亡, 82 人重伤, 693 人轻伤, 直接经济损失 20.4 亿元人民币^①。地震造成的人员伤亡和财产损失在 21 世纪中国东部最为严重。

为了弄清 5.7 级地震的构造背景和发震构造, 一些研究机构和学者做了大量的分析和研究工作, 获得了有价值的成果。然而究竟 NE 向断裂, 还是 NW 向断裂为该地震的发震构造仍存争议, 主要有 3 种意见: 大部分研究者认为 NE 向断裂为该地震的发震构造^[1-6], 包括瑞昌盆地西北侧边界丁家山断裂和盆地内部范镇—城门隐伏断裂, 主要依据是野外考察、构造背景和断裂活动性分析所得; 少部分研究结果认为 NW 向武山隐伏断裂为该地震的发震构造^[7], 主要依据余震重新定位所推测; 还有个别研究者认为是 NE 和 NW 向断裂共同作用的结果^[8], 主要依据卫星影像资料而得。地震地质灾害往往与发震断裂分布关系密切, 本文拟从烈度等震线、发震构造调查分析和地

震地质灾害特征, 结合震源机制解等多方面综合研究, 来明确该主震的发震构造。

1 地震烈度分区特征

九江—瑞昌 5.7 级地震灾区主要包括江西省九江县、瑞昌市、九江市市区和湖北省黄梅县、武穴市、阳新县。灾区大部分地区人口密集, 村庄遍布。考察队开展了较细致的烈度调查工作, 共抽样调查 82 个乡镇和自然村, 约为灾区村镇的 1/6, 大致分为东、西、南、北 4 个方向控制烈度分布。根据现场工作组调查结果(列出调查报告出处), 此次地震灾区划分出 VII 度和 VI 度 2 条烈度等震线, 其中极震区烈度为 VII 度。

1.1 VII 度区

本次地震震中烈度达到 VII 度。区内土木结构部分倒塌或毁坏; 砖木结构房屋部分严重破坏或倒塌; 城市砖混结构房屋多数中等破坏, 少数严重破坏, 无倒塌现象; 农村砖混结构房屋多数中等以上破坏, 毁坏房屋随处可见, 个别局部倒塌; 框架结构间隔墙普遍严重裂缝, 局部倒塌, 柱子、楼板等主体结构完好, 个别柱端出现裂缝。区内砂土液化、地震塌陷、地裂缝和崩塌等地震地质灾害现象普遍。此次地震的死亡人员集中在该烈度区内。

VII 度范围为呈 NE 向的椭圆型。南部边界位于

收稿日期: 2017-09-12

基金项目: 江西省地震局青年基金(JXDZ-KY-201703)

作者简介: 曾新福(1979—)男, 江西于都人, 工程师, 主要从事地震地质和地震灾害方面工作。E-mail: 2025115977@qq.com

^①中国地震局, 江西省地震局地震现场科学考察队. 九江—瑞昌 5.7 级地震现场科学考察报告[R]. 2005.

九江县的新合乡乡政府南,北部边界至湖北黄梅县小池镇南缘;长轴方向 NE 向,长约 24 km,短轴 15 km,面积约 260 km²^①。主要包括九江县的城门

乡、新合乡、新塘乡、港口镇、狮子镇、瑞昌市市区、瑞昌市航海仪器厂以东地区,以及长江北岸的小池镇部分地区(图 1)。

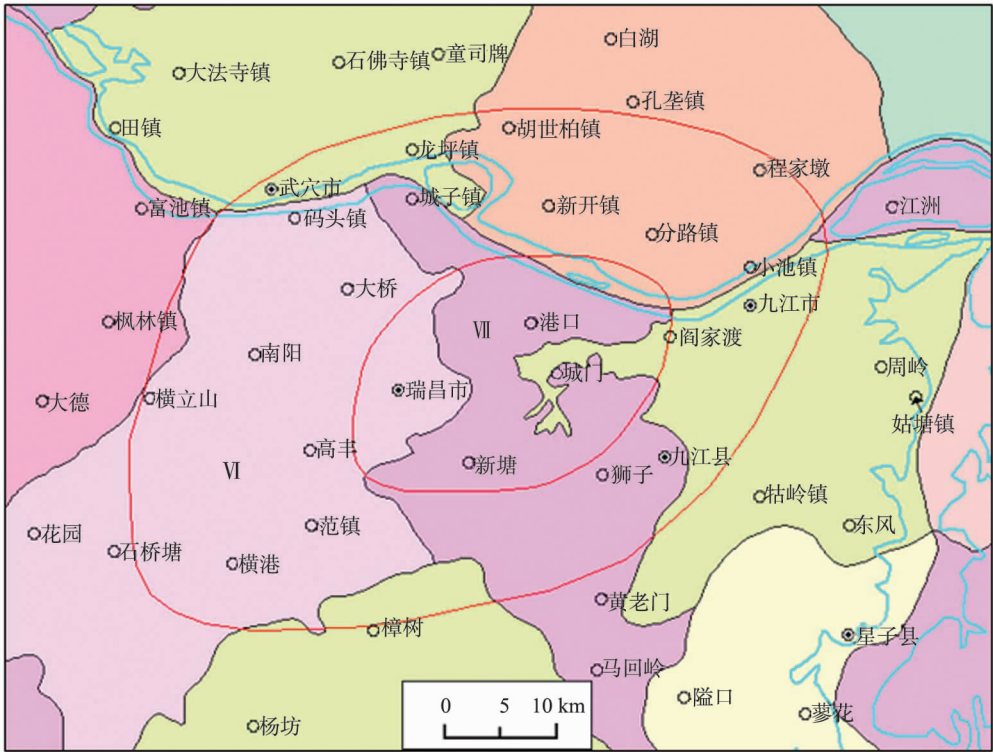


图 1 九江—瑞昌 5.7 级地震等震线图

1.2 VI 度区

VI 度区土木民宅及牲畜棚圈破坏较严重,其中九江市新港镇太平桥村有几处局部倒塌;砖木房屋大部分有轻微裂缝,少数中等破坏,没有倒塌现象;农村砖混房屋普遍以轻微破坏为主,少数中等破坏。VI 度区包括九江县、九江市周岭以西地区、瑞昌市花园以东地区、黄梅县垭口—陈杨武以南地区和武穴市、阳新县、德安县部分地区。根据调查结果,VI 度区与 VII 度区长轴走向基本一致。长轴长约 61 km,走向 NE,短轴 45 km,面积 1 800 km²^① 江西境内主要涉及九江县、九江市、瑞昌市 3 个县(市)15 个乡镇 162 个村(场)(图 1),灾区人口约 50 万人,约 12 万户。

从图 1 可以看出,九江—瑞昌 5.7 级地震极震区(VII 度区)和 VI 度区的长轴走向均为 NE 走向。依据破坏性地震极震区长轴走向与发震构造的经验关系,推测发震构造为 NE 走向。

2 地质构造调查分析

九江—瑞昌 5.7 级地震震中位于华南板内中、

新生代沉降带北部的断块差异升降区,为下扬子淮地台内台坳,北邻大别—淮阳台隆,西与江汉台坳相接,南与江南台隆衔接,为晚元古代晋宁旋迴之后形成的地台。其基底结构复杂,盖层为震旦纪至中三迭纪海相,滨海相的泥砂质、碳酸盐建造为主,夹硅质和含煤碎屑堆积;中生代以来主要是白垩纪—早第三纪类磨拉式红色建造,并伴有玄武岩类的火山喷溢;晚第三纪陆相沉积厚度较小;第四纪以来盆地的第四系沉积厚度 20~40 m。

从区域构造位置上看,地震灾区处在 NE 向郟(城)—庐(江)断裂带和 NW 向襄(樊)—广(济)断裂带交汇处^[9]。郟(城)—庐(江)断裂是我国著名的一条活动断裂,其主干断裂沿秦岭—大别山东南边缘延伸,终止于瑞昌北侧的长江北岸。其南段切割并错移大别山而构成断裂尾端^[10-11],切割深度大于 28 km^[12]。郟(城)—庐(江)断裂活动性较强,但由于瑞昌地处该断裂的端部,断裂活动性已大大减弱,因而该地区只具有发生一些中等强度地震的能力。郟(城)—庐(江)断裂南段与长江南岸 NE 向断裂的

① 中国地震局,江西省地震局地震现场科学考察队. 九江—瑞昌 5.7 级地震现场科学考察报告[R]. 2005.

走向、倾向、活动性基本一致,也有不少学者把包括赣江断裂、瑞昌—武宁断裂在内的多条 NE 向断裂当成郟(城)—庐(江)断裂南延的分支断裂^[13],因此瑞昌—武宁断裂在切割地层深度和断裂活动性方面与郟(城)—庐(江)断裂南段有相似性。襄(樊)—广(济)断裂为一条区域性深大断裂,被认为是扬子准地台和秦岭褶皱系的分界线^[14]。瑞昌地区的地震

活动可能和这 2 条区域断裂带的相关构造有关。

受区域构造影响,灾区发育 NE 向和 NW 向 2 组断裂^[15]。由于震区总体处在以 NE 向构造为主的构造环境之中,如山体、盆地和断层走向均以 NE 向为主(图 2),所以大规模出露的断层为 NE 走向,如瑞昌—武宁断裂;而 NW 向断裂规模较小,且呈断续状分布,如震中西侧的许家州断裂。

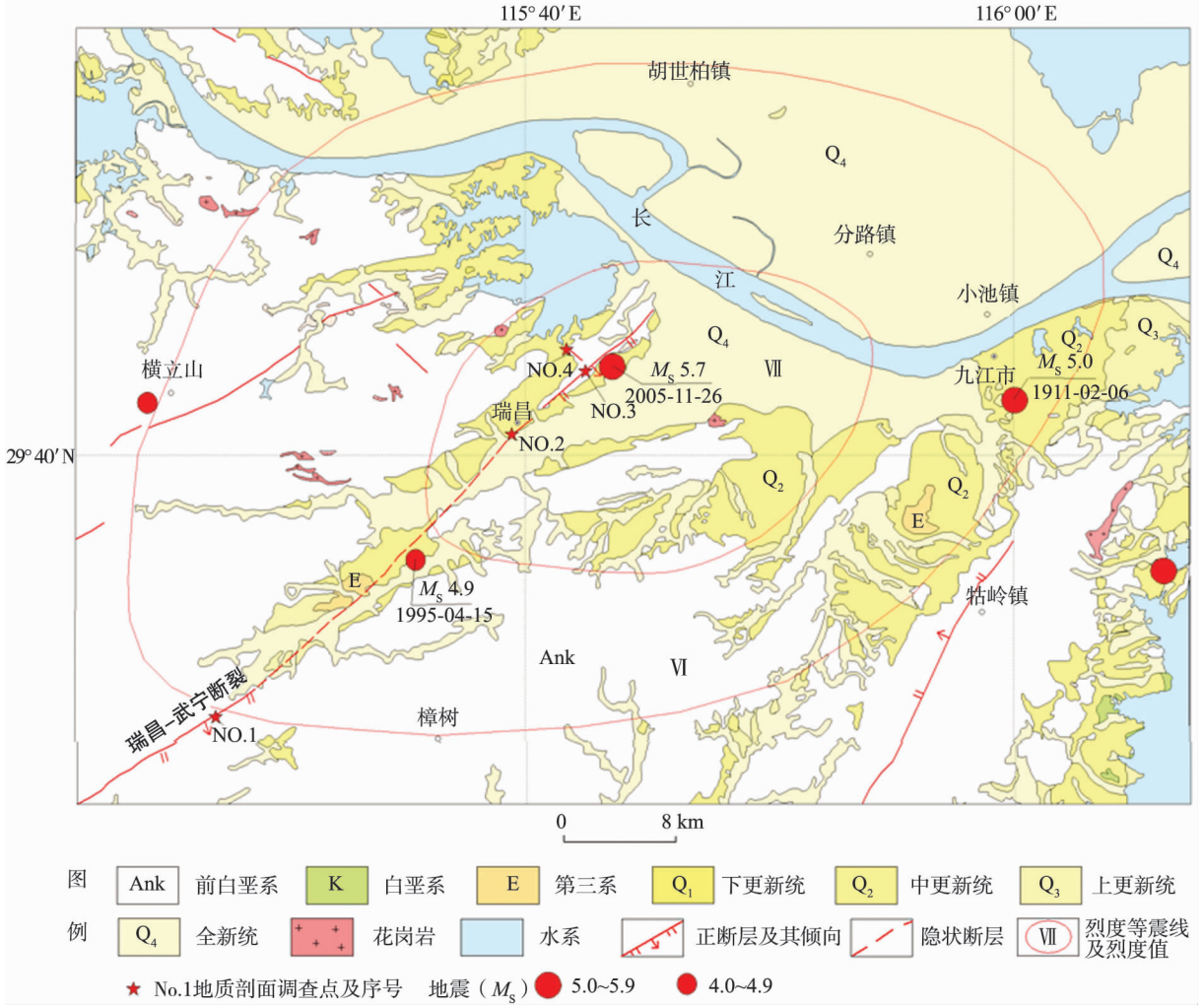


图 2 九江—瑞昌 5.7 级地震灾区地质构造图

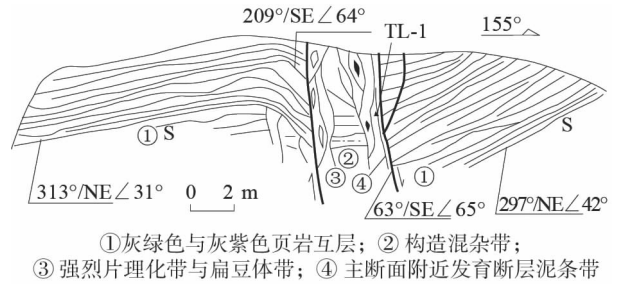
2.1 瑞昌—武宁断裂

该断裂形成于燕山期,断裂断错了一系列燕山早期褶皱。断裂在航卫片影像上反映清晰,可见线性地貌大致作 NE 向延伸,断裂经过处往往形成线性狭谷或盆地边缘地貌,沿线硅化破碎带发育,局部宽达 150~200 m。沿断裂走向发育武宁、横港—范镇和瑞昌等多个盆地。

据野外调查,在断裂西南端鲁溪南侧见该断裂发育在志留系砂质页岩中,断裂斜切洋港—瑞昌中生代复向斜东翼,是早第四纪横港—范家铺盆地西北边界断裂^①。该断面平直,断层产状为:走向 63°,倾向 SE,倾角 65°,断裂破碎带宽 2.5~3.0 m,断裂构造带中间部位为构造混杂带,母岩清晰可辨,两侧主要表现为强烈的碎裂岩带和扁豆体带,尤其是在

① 中国地震局地质研究所,中国地震局工程力学研究所,江西省防震减灾工程研究所. 江西核电彭泽厂址可行性研究阶段地震安全性评价报告[R]. 2006.

东南侧的主断面上,断层物质松软,可见 0.5~1.0 cm 厚的灰绿色、灰白色断层泥条带(图 3~4)。采集断层物质热释光年代样品(TL-1),测试结果为 $(323.92 \pm 27.53) \text{ka}$ ^①,表明断层最后一次活动是在中更新世。通过断层两侧紫红色页岩标志层的相对运动方向可以判定该断层的力学性质为正断层。



①灰绿色与灰紫色页岩互层; ②构造混杂带; ③强烈片理化带与扁豆体带; ④主断面附近发育断层泥条带

图 3 鲁溪镇南东墩村断裂剖面图

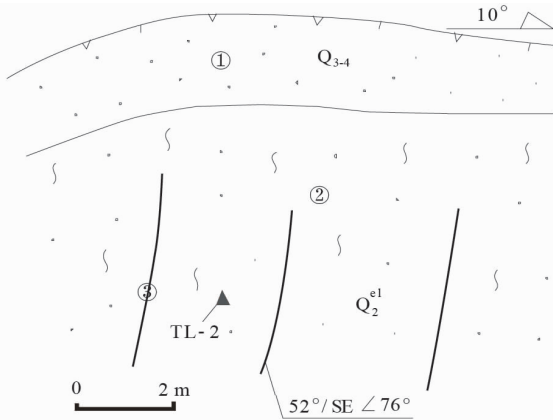


图 4 鲁溪镇南东墩村断裂照片(右图为左图局部放大,可见灰白色断层泥条带)

在郎君山一带断裂展布于盆地与山区的过渡地带,断裂经过处在 Q_2 台地可见断面切错网纹红土层(TL 年龄为 $659.60 \pm 56.07 \text{ka}$),网纹红土中下部发育 3 条近于平行的 NE 向张裂面(图 5)。张裂面平直,走向 $55^\circ \sim 60^\circ$,倾向 SE,倾角 $75^\circ \sim 80^\circ$,张裂面之间相距 2~3 m,往上断面没有切穿 Q_2 顶部,网纹红土之上为 Q_{3-4} 粘土层。由此推断,这几条张裂面形成于 Q_2 早中期,为中更新世断裂,断面可能受到瑞昌—武宁断裂活动的影响形成^[1]。

砂岩,沿破碎带有花岗闪长班岩呈岩株侵入;两旁岩层发育有劈理。该断裂对瑞昌盆地北侧中更新统具有明显的控制作用^①。在武山铜矿可见断裂断错于志留系石英砂岩中,其主断面倾向 SE,发育构造片理和丰富的断层泥(TL 年龄为 $239.54 \pm 20.36 \text{ka}$),断面光滑,断层产状 $46^\circ/\text{SE} \angle 67^\circ$,断层破碎带宽 2~3 m(图 6),断层破碎带比较松散,局部有擦痕及构造透镜体,据擦痕特征显示,该断层性质为正断层。断层对上覆粘土层(TL 年龄为 $126.28 \pm 10.58 \text{ka}$)无扰动。

在断裂北端丁家山一带见该断裂断错志留系石英



①粘土层 ②网纹红土层 ③断层

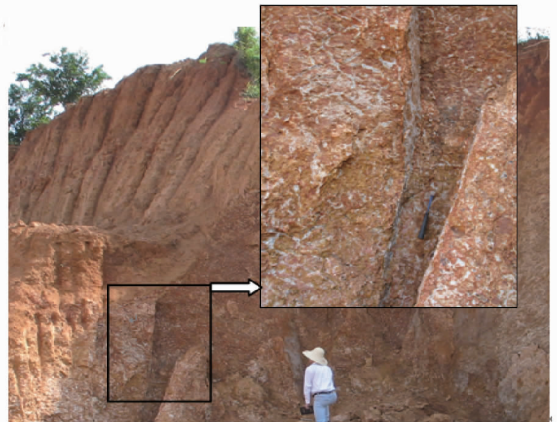
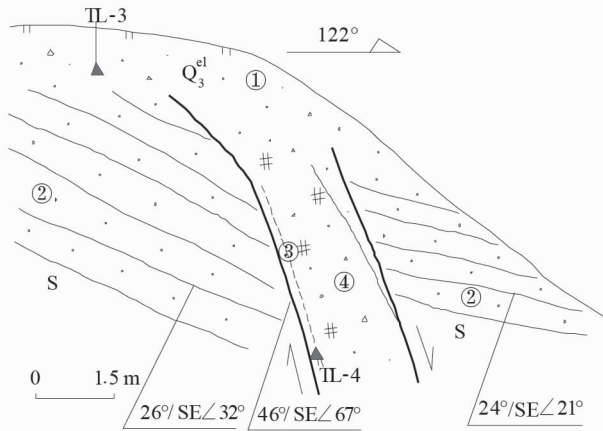


图 5 瑞昌—武宁断裂郎君山剖面图(右图镜向 NW)

① 北京中震创业工程科技研究院,江西省防震减灾工程研究所.大唐国际江西核电项目初可研阶段地震地质专题报告[R]. 2007.



①粘土层 ②细砂岩 ③断层泥 ④构造破碎带

图6 瑞昌—武宁断裂丁家山剖面图(右图镜向NE)

鉴于瑞昌—武宁断裂作为第四纪横港—范家铺盆地的东南边界,对该盆地的早、中更新世地层分布有一定控制作用,且断裂在地貌上有一定线性显示,

断裂构造岩较松散。但断裂为晚更新世冲积层平整覆盖未断,结合断裂物质测年资料,综合判定瑞昌—武宁断裂为中更新世活动的断裂。

表1 TL样品测年数据表

野外编号	采样地点	样品物质	放射性元素含量			年剂量率/ (Gy/a×10 ³)	等效剂量 ED/Gy	样品年龄 /ka	地质意义
			U/(μg/g)	Th/(μg/g)	K ₂ O/%				
TL-1	武宁县鲁溪	断层泥	4.09	17.5	2.73	2.47	800.0	323.92±27.53	瑞昌—武宁断裂活动时代
TL-2	瑞昌郎君山	砂质粘土	2.91	13.5	1.90	1.86	1 230.0	659.60±56.07	上覆地层
TL-3	瑞昌丁家山	砂质粘土	2.65	12.2	2.84	2.27	310.0	126.28±10.58	上覆地层
TL-4	瑞昌丁家山	断层泥	8.02	15.1	1.70	2.14	710.0	239.54±20.36	瑞昌—武宁断裂活动时代
TL-5	瑞昌许家	砂质粘土	6.84	19.0	1.81	2.20	2100.0	953.07±81.01	上覆地层

* TL测年由 中国地震局地壳应力研究所热释光实验室完成

2.2 许家州断裂

依据早期资料^[9]显示,灾区NW向断裂并不发育,而且规模较小,长度多为1~3 km,主要分布在瑞昌市东北方向的志留系砂岩和二叠系灰岩中;断层在地形地貌上无显示。

根据现场调查结果发现,九江—瑞昌5.7级地震震中西北侧存在小规模NW向断裂。在张村一带见断层剖面出露,断层断错了志留系砂岩,破碎带宽10~30 cm,以劈理密集带、扁豆体化带和断层角

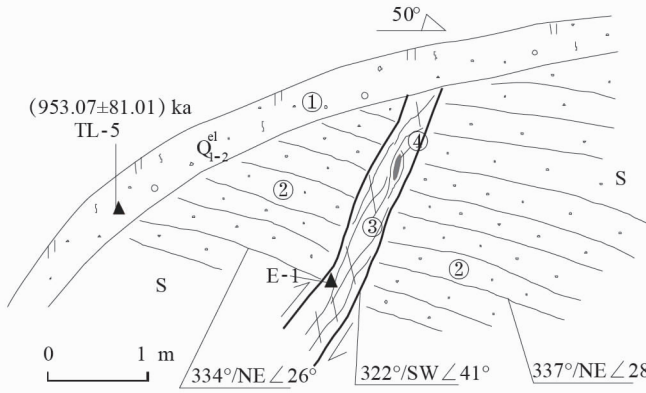
砾岩带为特征;断层构造岩带胶结度好,无后期新近活动形迹,采集断层构造岩ESR样品(E-1),测试结果为大于1 500 ka;断层上覆厚约40~50 cm的棕红色网纹红土层,上覆早中更新世残积层(TL年龄为953.07±81.01 ka)(表2)未受断错或扰动(图7)。

通过对断层物质特征、地形地貌、断层与上覆地层的关系和测年数据综合判定该断裂为前第四纪活动的断裂。

表2 断层物质ESR样品测试结果表

样品编号	采样地点	样品物质	古剂量/Gy	年剂量/(Gy/ka)	年龄/ka	地质意义
E-01	瑞昌市许家	断裂构造岩	信号饱和	2.95	大于1 500	许家州断裂的活动时代

* ESR测年由 中国地震局地质研究所地震动力学国家重点实验室完成



①含砾粘土层 ②细砂岩 ③构造岩 ④构造透镜体

图 7 许家断裂张村剖面图(右图镜向 NW)

根据吕坚研究员所做的震源机制解结果(图 8)显示,该地震主震存在走向 237°和 334°两组节面^[7]。其中,237°即为 NE57°,倾角 76°,与瑞昌—武宁断裂产状基本一致,结合上述断裂活动性调查分析结果,极震区 NE 向断裂具有一定规模,且为中更新世活动断裂,该类型断裂为中国东部弱震区主要发震构造^[16-17],所以 NE 向瑞昌—武宁断裂可能为九江—瑞昌 5.7 级地震的发震构造;相反,若 NW 向断裂为发震构造,那么 NW 向断裂应该具有一定规模,并且第四纪以来断裂应有过活动,可从前期地质资料(1:20 万与 1:5 万)和现场调查结果均显示无规模以上(长度大于 5 km) NW 向断裂,仅零星分布一些小规模(长度小于 2 km)断裂,且第四纪以来断裂没有活动迹象,因此可以排除 NW 向断裂为发震构造的可能。

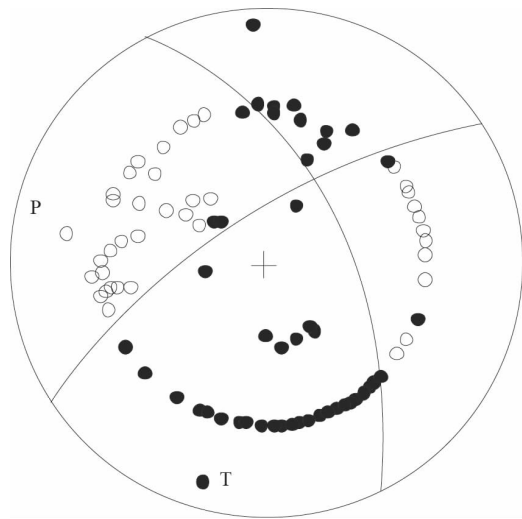


图 8 瑞昌 5.7 级主震震源机制解

3 地震地质灾害特征分析

地震地质灾害是地震中常见的自然灾害,九

江—瑞昌 5.7 级地震产生的地震地质灾害特别严重是本次地震的又一个重要特征。主要表现在 2 个方面:一方面地震地质灾害种类多,包括地面塌陷、砂土液化、地表裂缝和崩塌等多种地震地质灾害;另一方面是分布范围广、灾害重。

3.1 塌陷

塌陷是此次地震最严重的地质灾害之一,其范围分布广,农田、河谷、村庄,甚至房屋内均有分布。塌陷导致房屋地基下沉、房屋破坏或者农田被毁,严重威胁了塌陷区人民的生命、财产安全。

不同地方、不同事件造成塌陷的原因各不相同。此次地震塌陷形成的主要原因大致可以归结如下:由于灾区大面积分布着二迭系—三迭系灰岩,灰岩在弱酸性水(CO₂溶于水)作用下会缓慢溶解,经过这样的长期作用下就形成了大小不一、形态各异的溶洞。平时溶洞上方的覆盖层由于土体之间的相互作用力与其重力达到平衡,但在巨大地震力的作用下,这种平衡被打破,溶洞上方覆盖层掉落至溶洞内形成塌陷。由此可以看出,当地震加速度达到或大于某一值时,岩溶区容易出现塌陷。所以岩溶塌陷也在一定程度上反映了地震加速度值的大小,即沿着岩溶塌陷分布的地方地震加速度值较大,而地震加速度值较大的分布方向与地震断层破裂方向(发震构造走向)是一致的。

此次地震塌陷的几何形态多为圆形或椭圆形,最大直径为 25 m,可见深度最大达 8 m(图 9)。据地震现场工作队调查统计,塌陷数量达近 100 个(表 3)。塌陷主要分布在瑞昌市高丰镇、桂林办事处、赛湖农场、九江县港口镇和涌泉乡一带,集中分布在极震区(VII 度区)内,呈明显的 NE 方向分布(图 10)。



图9 典型塌陷照片

表3 震区主要塌陷统计表

编号	地点	几何形态	直径/m	数量/个	可见深度/m	基底岩性
1	瑞昌市益城街办汪家圩	圆形	2~15	7	0.5~4	灰岩
2	瑞昌市桂林办事处石山村	浑圆	3~25	12	2~5	灰岩
3	瑞昌市桂林办事处大塘村	圆形	2~10	22	1~3	灰岩
4	瑞昌赛湖农场二分场	浑圆	6~20	8	2~6	灰岩
5	瑞昌赛湖农场三分场	浑圆	6~15	11	1~5	灰岩
6	瑞昌市高丰镇永丰村	圆形	2~4	7	1~2	灰岩
7	瑞昌市高丰镇乐丰村	圆形	2~6	9	1~3	灰岩
8	瑞昌市高丰镇铺头村	圆形	2~4	2	1~1.5	灰岩
9	九江县涌泉乡涌泉乡	圆形	2~4	2	1~2	灰岩
10	九江县涌泉乡黄洞村	椭圆形	2~4	9	1~2	灰岩
11	九江县港口镇李家村	圆形	3~7	5	1~3	灰岩
12	九江县新塘乡郭家村	圆形	2~4	2	1~2	灰岩

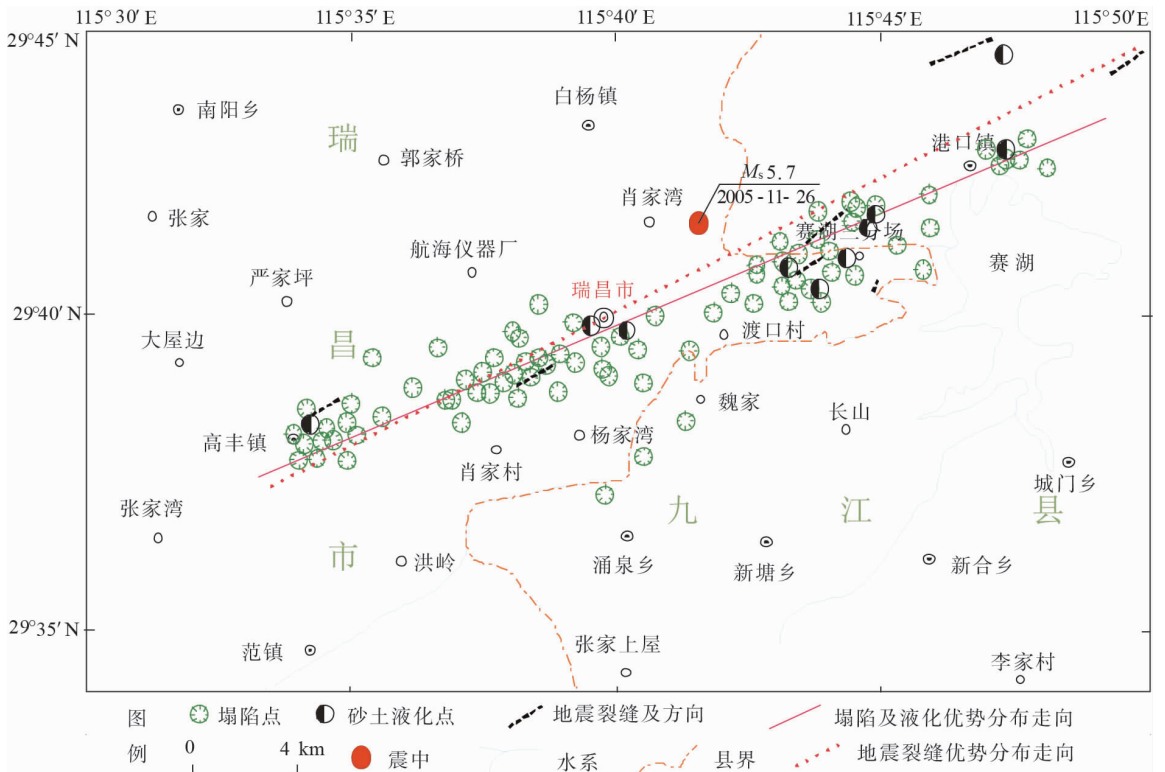


图10 地震地质灾害分布图

3.2 地震裂缝

调查发现该地震产生的长度 50 m 以上的地震裂缝有近 10 处,主要分布在高丰、赛湖农场、永安大堤、新港一带。其中最长的为永安大堤南侧约 50 m 处,发育一条 NE 走向长约 1.6 km 的地震裂缝,裂缝最宽处达 10 cm(图 11)。据表 5 可以看出,所有地震裂缝走向均为 NE,且不同地震裂缝分布也呈

NE 向。

地震裂缝可以是地震引起地面的强烈震动产生,也可以是隐伏断裂活动引起上部土体开裂而形成。因此,地震裂缝数据(表 4)表明,此次地震引起的地面震动强度较大的方向和可能存在的断裂活动方向均为 NE 向。



图 11 地震裂缝典型照片

表 4 震区主要地裂缝统计表

序号	地点	长度/m	走向/(°)
1	瑞昌市高丰镇乐丰村	260	42
2	瑞昌市桂林办事处大塘村	400	51
3	瑞昌赛湖农场二分场	620	53
4	瑞昌赛湖农场三分场(1)	850	52
5	瑞昌赛湖农场三分场(2)	73	27
6	九江县永安大堤南	1 600	57
7	九江市新港村	330	48

3.3 砂土液化

砂土液化是砂土由固体状态转化为液体状态的现象。在外力或内力(通常是孔隙水压力)作用下,砂土颗粒丧失粒间接触压力以及相互之间的摩擦力,不能抵抗剪应力,就会发生液化。砂土液化后孔隙水在超孔隙水压力下自下向上运动,如果砂土层上部没有渗透性更差的覆盖层,地下水即大面积溢于地表;如果砂土层上部有渗透性更弱的粘性土层,当超孔隙水压力超过盖层强度,地下水就会携带砂粒冲破盖层或沿盖层裂隙喷出地表,产生喷水冒砂现象。九江—瑞

昌 5.7 级地震就产生了大量此类现象。

砂土液化在地震时可大规模地发生并造成严重危害。1966 年邢台地震、1975 年海城地震和 1976 年唐山地震等几次大地震中,均有建筑物因砂土液化造成破坏的现象^[18]。九江—瑞昌 5.7 级地震同样未能幸免,据现场调查结果显示,在农田、河谷、村庄均有砂土液化现象,甚至有居民屋内也发生了严重的砂土液化(图 12),喷水冒砂时间长达数十分钟,对房屋产生了严重的破坏作用。此次地震砂土液化点主要分布在瑞昌市彭城街道、大塘村、赛湖农场和港口镇一带。

影响砂土液化的因素很多,如砂土的地质成因和年代,颗粒的组成、大小、排列方式、松密程度,地震因素(如震级、持续时间)以及排水条件等。其中一个和地震有关的重要因素就是震级。相同条件下,震级较大时容易产生砂土液化现象,所以从某种程度上说,相同条件的土层是否产生液化会直观地反映地震动的强弱。由此认为图 10 中砂土液化优势分布走向的红色直线就代表地震动衰减较慢的方向。



图 12 砂土液化典型照片

表 5 震区主要砂土液化统计表

序号	地点	数量/处
1	瑞昌市高丰镇乐丰村	1
2	瑞昌市桂林办事处	2
3	瑞昌赛湖农场二分场	2
4	瑞昌赛湖农场三分场	3
5	九江县永安大堤南	2
6	九江市新港村	1

4 结论与讨论

经过对烈度等震线、地质构造调查和地震地质灾害等方面的综合分析,认为九江—瑞昌 5.7 级地震的发震构造为 NE 向的瑞昌—武宁断裂。判定理由如下:

1) 从该地震的烈度等震线分布可以看出,极震区长轴方向为 NE 向,与震区的主要断裂构造(瑞昌—武宁断裂)走向基本一致。因为极震区等震线的形状受到地形地貌、人口分布等因素的影响,所以烈度等震线长轴方向与发震构造瑞昌—武宁断裂走向存在一定偏差有其合理性,但极震区长轴方向与瑞昌—武宁断裂走向总体上是一致的。由于极震区长轴方向极大地反映了发震构造的走向,所以有理由推断九江—瑞昌 5.7 级地震的发震构造为 NE 走向;

2) 根据震区地质构造调查分析得知,震区存在 NE 向瑞昌—武宁断裂,该断裂与震源机制解结果中走向 237° (即 $NE57^\circ$) 的节面产状相一致,且该断裂有一定规模,为中更新世断裂。中更新世断裂在

中国中东部地区对中强地震的发生具有控制作用^[19-20],将其判定为发震构造较为合理;相反,震区 NW 向断裂规模很小,呈断续状分布,距离震中 10 km 范围内无长度大于 1 km 的 NW 向断层,且第四纪以来无地质地貌活动证据,为前第四纪断裂,因此很难将其判定为发震构造;

3) 从地震活动性和震中与断层的位置关系上看(图 2),2005 年 11 月 26 日九江—瑞昌 5.7 级地震和 1995 年 4 月 15 日瑞昌 4.9 级地震震中均位于瑞昌—武宁断裂带上,且 2 次地震震中均落在该断裂上盘,据地震现场调查报告显示,2 次地震灾情均表现为断裂上盘明显比下盘严重,这也为把瑞昌—武宁断裂判定为发震构造提供了另一科学合理的依据;

4) 地震地质灾害是地震动强弱的直观反映,若调查的地质灾害种类单一、数量少导致所得出的结论会有偏差或偶然性的话,那么在调查的地震地质灾害种类全、数量多的情况下得到的研究结论应具有较高的可信度。依据地震地质灾害分析结果(图 10)显示,此次地震造成的塌陷、砂土液化、地裂缝及崩塌等多种地震地质灾害具有相同的特征,即其优势分布走向均为 NE 向。另据现场调查结果显示,地震造成的房屋倒塌也主要沿高丰、桂林街办、港口镇一带呈 NE 向带状分布,与地震地质灾害分布走向相一致。笔者认为各类地震地质灾害和房屋倒塌方向的高度一致性不是偶然的,而是必然的结果。其必然性就是他们的走向均受到此次地震断层破裂的方向性(发震构造)影响所致。

致谢 中国地震局地质研究所李传友研究员和袁仁茂博士对发震构造和地质灾害特征分析给予诸多启示和建议,谨致谢意!

参考文献:

- [1] 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: 地球科学, 2008, 38(3): 343-354.
- [2] 曾新福, 汤兰荣, 陶鑫, 等. 跨断层综合地质剖面法在隐伏断层野外地质调查中的研究与应用——以瑞昌—武宁断裂为例[J]. 中国地震, 2016, 32(4): 607-617.
- [3] 卢福水, 曾新福, 郑栋, 等. 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(S): 75-82.
- [4] 王洪涛, 曾建民. 江西九江(瑞昌)5.7 级地震的地震地质构造环境与发震构造之研究[J]. 福建地震, 2007, 23(1/2): 2-29.
- [5] Han Z J, lu F S, Ji F J, et al. Seismotectonics of the 26 November 2005 Jiujiang-Ruichang, Jiangxi, M_s 5.7 Earthquake[J]. Acta Geologica Sinica, 2012, 86(2): 497-509.
- [6] 曾新福, 汤兰荣, 卢福水, 等. 九江—瑞昌 5.7 级地震烈度调查研究[J]. 华南地震, 2014, 34(1): 52-57.
- [7] 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.
- [8] 王墩, 肖和平, 姚运生, 等. 九江—瑞昌地震序列的构造背景与发震构造探讨[J]. 大地测量与地球动力学, 2007, 27(S): 15-20.
- [9] 地质部江西省地质局区域地质测量队. 中华人民共和国地质图(1:200000 瑞昌幅)[Z]. 1966.
- [10] 徐嘉炜, 马国锋. 郟庐断裂带研究的十年回顾[J]. 地质评论, 1992, 38(4): 316-324.
- [11] 朱光, 宋传中, 王道轩, 等. 郟庐断裂带走滑时代的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学研究及其构造意义[J]. 中国科学(D 辑), 2001, 31(3): 250-256.
- [12] 张交东, 杨长春, 刘成斋, 等. 郟庐断裂南段走滑和伸展断裂的深部结构及位置关系[J]. 地球物理学报, 2010, 53(4): 864-873.
- [13] 汤加富, 李怀坤, 娄清. 郟庐断裂南段研究进展与断裂性质讨论[J]. 地质通报, 2003, 22(6): 426-436.
- [14] 张国伟, 程顺有, 郭安林, 等. 秦岭—大别中央造山系南缘勉略古缝合带的再认识——兼论中国大陆主体的拼合[J]. 地质通报, 2004, 23(9/10): 846-853.
- [15] 江西省地质矿产局. 中华人民共和国地质图(1:50000 瑞昌县幅)[R]. 1987.
- [16] 翟洪涛, 邓志辉, 周本刚, 等. 1585 年安徽巢县南地震核查与发震构造探讨[J]. 地震地质, 2009, 31(2): 295-304.
- [17] 向宏发, 韩竹军, 张晚霞, 等. 中国东部中强地震发生的地震地质标志初探[J]. 地震地质, 2008, 30(1): 202-208.
- [18] 杨依民. 饱和砂土的三轴试验及地震液化分析研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2013: 6.
- [19] 王志才, 晁洪太. 1995 年山东苍山 5.2 级地震的发震构造[J]. 地震地质, 1999, 21(2): 115-120.
- [20] 魏柏林, 何晓灵. 1584 年肇庆 5.0 级双震的发震构造讨论[J]. 华南地震, 2002, 22(2): 59-63.

Seismogenic Structure and Geological Disaster Characteristics of Jiujiang- ruichang 5.7 Earthquake

ZENG Xin-fu, TANG Lan-rong, JIANG Chun-liang, LIANG Shuai, NIU Zai-po
(Jiangxi Earthquake Agency, Nanchang 330039, China)

Abstract: Based on a large number of on-site first-hand data of Jiujiang-ruichang magnitude 5.7 earthquake, investigation, analysis and research work are carried out in many aspects, such as earthquake line of intensity, seismic structure investigation and analysis, seismic geological disaster characteristics and so on. Firstly, a possible seismogenic structure is obtained through geological analysis, such as fault activity and the relationship between earthquake magnitude and seismic structure length, and then another seismogenic structure is determined through the analysis of the distribution characteristics of seismic lines and various seismic geological disasters according to the dominant distribution of long axis and seismic geological hazards in meizoseismal area, finally the two possible seismogenic structures are comprehensive analyzed. The high consistency of the two results indicated that the Ruichang-wuning fault may be the seismogenic structure of Jiujiang-ruichang 5.7 earthquake.

Key words: Jiujiang-ruichang 5.7 earthquake; seismogenic structure; earthquake induced geological disaster; Ruichang-wuning fault