

陈涛, 余刚群, 杨福平, 等. 2017年浙江磐安3.5级地震烈度调查及震害特征 [J]. 华南地震, 2020, 40(1): 40-45. [CHEN Tao, YU Gangqun, YANG Fuping, et al. The Study on Seismic Characteristics of Pan'an M3.5 Earthquake in Zhejiang Province in 2017 [J]. South China journal of seismology, 2020, 40(1): 40-45]

2017年浙江磐安3.5级地震烈度调查及震害特征

陈涛, 余刚群, 杨福平, 汪贞杰, 孙海青
(浙江省地震局, 杭州 310013)

摘要: 磐安3.5级地震最高烈度为V度, 等震线形状呈椭圆形, 等震线长轴总体呈北东向, V度区主要涉及磐安县方前镇、尚湖镇和天台县街头镇。震害特征主要表现在人和器物反映、房屋震害以及地震宏观异常3个方面。通过野外地质调查, 断层物质测年等手段, 认为奉化—丽水断裂活动时代为中更新世, 具备发生中强地震的发震能力, 且走向与地震烈度等震线一致。

关键词: 磐安; 地震烈度; 震害特征; 奉化—丽水断裂

中图分类号: P315 文献标志码: A 文章编号: 1001-8662(2020)01-0040-06

DOI: 10.13512/j.hndz.2020.01.006

The Study on Seismic Characteristics of Pan'an M3.5 Earthquake in Zhejiang Province in 2017

CHEN Tao, YU Gangqun, YANG Fuping, WANG Zhenjie, SUN Haiqing
(Zhejiang Earthquake Agency, Hangzhou 310031, China)

Abstract: The highest intensity of Pan'an M3.5 earthquake is V, and the isoseismal line is elliptical in shape. The long axis of the isoseismal line is generally northeastwards. The V-degree area mainly involves Fangqian Town, Shanghu Town in Pan'an County and Jietou Town of Tiantai County. The characteristics of earthquake damage are mainly reflected in human and artifacts, house earthquake damage, and seismic macroscopic anomalies. Through the field geological survey, fault material dating and other means, it is believed that the Fenghua-Lishui fault activity era is the Middle Pleistocene, with the ability to generate the middle and strong earthquakes, and the trend is consistent with the the seismic intensity contour.

Keywords: Pan'an; Earthquake intensity; Seismic characteristics; Fenghua—Lishui fault

收稿日期: 2018-07-16

基金项目: 浙江省科技计划项目(2018C03045)、星火计划课题(XH19016)联合资助

作者简介: 陈涛(1984-), 男, 工程师, 硕士, 主要从事活动构造、工程地震、地震地质灾害方面的研究。

E-mail: chentao0528@126.com.

0 引言

2017 年 2 月 13 日 01 时 33 分在浙江省金华市磐安县发生 3.5 级地震(北纬 29.09°, 东经 120.68°), 震中位于磐安县方前镇, 震源深度 6 km。震中附近区域震感比较强烈, 有感范围主要涉及磐安县方前镇、尚湖镇。地震发生后, 按照《浙江省地震局地震应急预案》, 浙江省地震局立即启动 IV 级响应, 由 17 人组成的第一批地震现场工作人员连夜赶赴地震现场, 到震区指导、协助当地政府做好地震应急处置相关工作, 并开展地震灾情调查、余震监测工作、地震地质调查, 取得了大量第一手调查资料, 为震害评估、发震机理研究以及震后趋势判断提供了宝贵资料^[1-2]。

1 震区地形地貌概况

震区位于浙江磐安县与天台县交界附近的磐安境内, 属于浙中南中低山区, 受北东向奉化—丽水断裂影响, 山体多呈北东向排列。震中附近的牛栏屏(海拔 975 m)、青尖山(海拔 1006 m)、大水坑(海拔 1019 m)等山脉海拔高。在山顶部位形成 1000 m 高度的高夷平面; 近场区北面尚湖、尖山一带海拔在 500~600 m, 整体起伏不大, 上部被嵯县组地层覆盖, 构成较低夷平面, 该级夷平面形成于渐新世—中新世。方前至街头一带的白垩纪盆地属于丘陵地貌, 海拔高度多在 150~400 m, 震区水系多呈北东、东流向, 受断裂影响明显。山区河谷多呈“V”字形, 河谷深切, 盆地间河谷多呈“U”, 河谷宽广, 多呈辫状河流(图 1)。

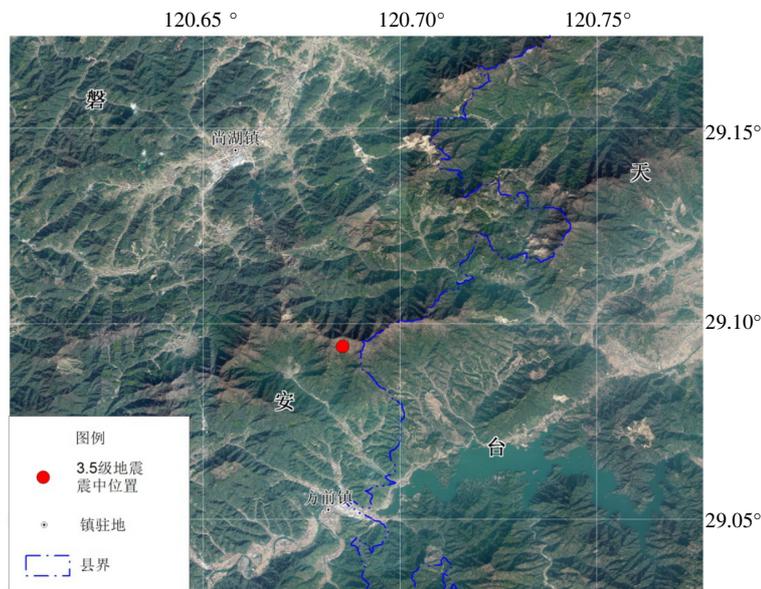


图 1 震区地形地貌影像图

Fig.1 Topographic and geomorphological image map of earthquake area

震区范围内出露地层仅有中生界和新生界, 而古生界及以前地层则未见出露。地层从新到老有第四系、新近系、白垩系和上侏罗统^[3](图 2)。

大地构造上, 震中附近范围位于宁波—丽水隆起带、浙东—闽东南火山断拗陷带。喜山期以来受东南沿海大陆边缘活动带影响, 北东、东西以及北西向断裂都有一定的活动。第四纪早、中期则处于隆升阶段, 普遍缺失早更新世地层。晚第四纪以来, 断裂活动也逐渐趋于稳定。

震区位于在新构造分区上属于浙中南低山隆起区。新构造以来该区以间歇性的隆起, 并伴有向东北、东掀斜运动为主要特征。主要表现有多级夷平

面及河流阶地的发育, 河流均向东北、东流向等。

震中附近范围断裂构造发育, 主要存在北东向的余姚—丽水断裂(F1)、奉化—丽水断裂(F2)平桥—广度断裂(F3)、以及北西向的磐安—仙居断裂(F4)(图 1), 此次地震就发生在奉化—丽水断裂西侧约 1 km。

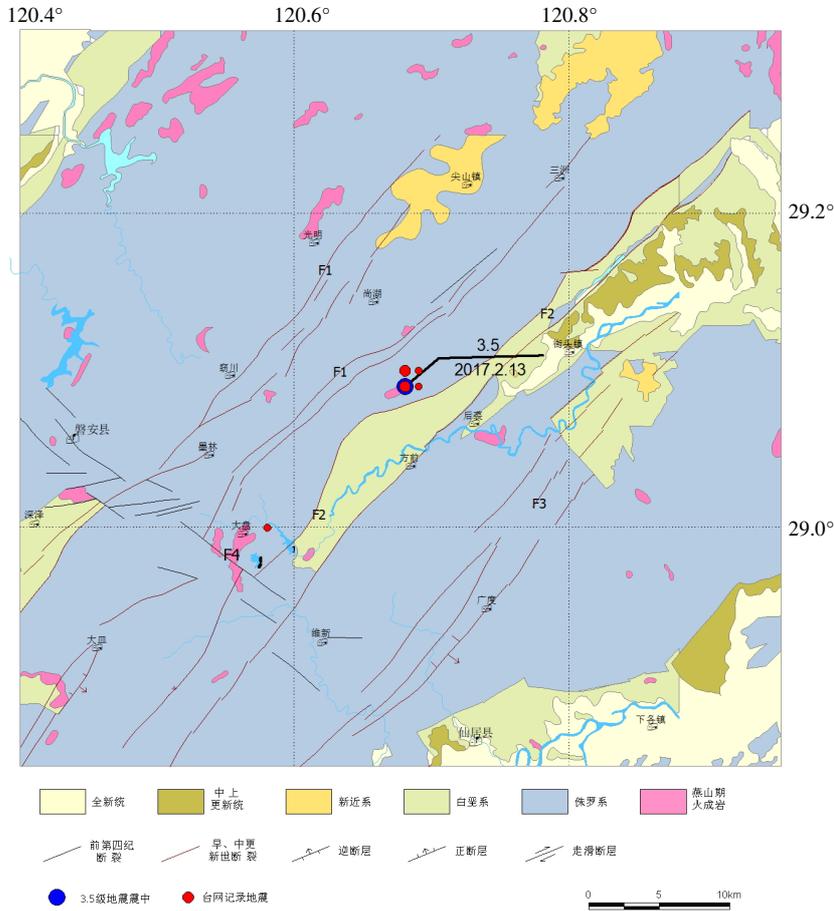
2 地震烈度及震害特征

2.1 震源机制解

此次地震为震群型地震, 其主震发生在 2017 年 2 月 13 日, 震级为 M_w 3.6, 台网定位经纬度

120.684°E、29.093°N，采用CAP方法计算震源机制解。震源机制解节面I走向为229°，倾向60°，滑动角-146°，节面II走向为120°，倾向为61°、滑动角为-35°，震源机制主压应力轴(P轴)方位角

平均为84°，主张应力轴(T轴)方向平均为175°，图3中红色曲线为理论地震波形，黑色曲线为观测地震波形。结合震群地震展布，节面I为本次地震破裂面。



F1: 余姚—丽水断裂; F2: 奉化—丽水断裂; F3: 平桥—广度断裂; F4: 磐安—仙居断裂

图2 磐安3.5级地震震区地震构造图

Fig.2 Seismic tectonic map of the Pan'an M3.5 earthquake

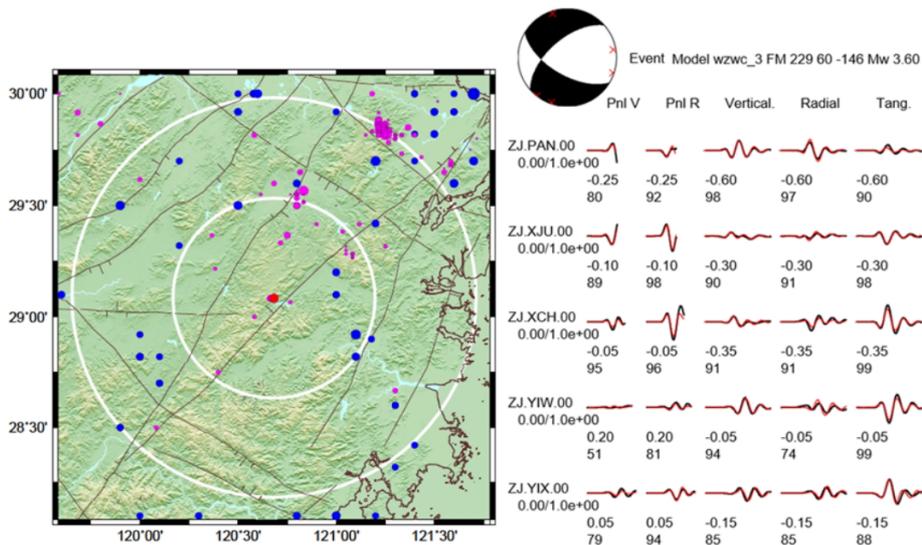


图3 磐安地震震源机制解

Fig.3 Focal mechanism solution of Pan'an earthquake

2.2 地震烈度调查

浙江省地震局现场工作队根据《地震现场工作第 3 部分:调查规范》(GB/T 18208.3-2011)、《中国地震烈度表》(GB/T 17742-2008)等技术标准^[4-5],开展了地震烈度调查工作,在磐安、天台两县共安排 6 条调查路线,共计 48 个调查点,并对其中 14 个调查点进行了烈度复核,调查范围涉及磐安县的方前镇、尚湖镇和天台县的街头镇等 3 个镇,取得了大量的基础数据和第一手资料,覆盖了本

次地震震区,同时,对震区开展了野外地震地质调查工作,并按照浙江及邻区地震烈度衰减公式计算^[6-7],计算公式为:

$$I_a=3.635+1.612 M-1.711 \ln(R+20), \sigma=0.4736$$

其中 I_a 为烈度, M 为震级, R 为震中距。

通过对各调查点资料的综合整理分析,参考震源机制解等资料,并充分考虑浙江及邻区地震烈度衰减关系的特点,此次地震的烈度分布如图 4 所示。

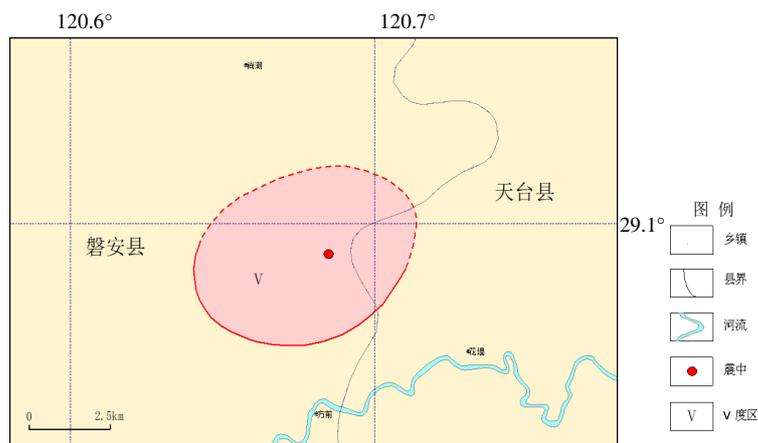


图 4 磐安 3.5 级地震综合烈度图

Fig.4 Comprehensive intensity map of Pan'an M3.5 earthquake

此次地震的最高烈度为 V 度,等震线形状呈椭圆形,等震线长轴总体呈北东向。V 度区主要涉及磐安县方前镇、尚湖镇和天台县街头镇。V 度区长轴为 7.3 km,短轴为 5.2 km,面积约 29.3 km²。其中磐安县所占面积约 25.0 km²,天台县所占面积约 4.3 km²。

由于此次地震震级较小,地震烈度不会超过 V 度,因此,本文主要介绍此次地震中 V 度区人和器物、房屋震害、宏观异常等方面的特征,小于 V 度区震害特征不明显。

2.3 人和器物反映特征

根据对震区大量居民的调查结果统计归类,V 度区人和器物有以下一些反应:

(1) 调查点居民普遍反映震感强烈,大部分居民地震时有抛起感或晃动感,部分居民感觉既有抛起感又有晃动感,且均较强烈,大部分居民感觉房屋摇晃剧烈。

(2) 因地震震源深度较浅,所有被调查居民均听到地声,而且声音很响,如同打雷的轰轰声或放炮声,部分居民能明确指出声音是震源方向

传来。

(3) 大部分尤其是住在老旧房屋中的被调查居民听到门窗、屋顶、屋架颤动作响,且门窗响声较大。

(4) 绝大多数居民从睡梦中惊醒,大部分逃出户外,许多居民在室外烤火过夜。

2.4 房屋震害特征

V 度区范围内房屋建筑结构类型以木构架和土、石、砖围护墙建造的旧式房屋(这类房屋在中国地震烈度表中统称为 A 类)和砌体结构房屋(这类房屋在中国地震烈度表中统称为 B 类)为主。主要调查点不同类型房屋破坏现象见图 5。

(1) 个别危旧房屋掉瓦或掉灰,一处居民家中烟道损坏。

(2) 老旧房屋老裂缝有加宽、延长现象及个别墙体歪斜或墙体连接处错位加大等现象。

(3) 新建砌体结构房屋未发现破坏现象。

3 地震地质调查

本次地震发生在奉化—丽水断裂断层的西侧

约1 km，野外地震地质调查中主要对该断裂开展工作。该断裂整体走向为北东 45°~60°，沿大碛盆地与宁波盆地东南边界经奉化、天台、仙居盆地达丽水碧湖镇，过龙泉、庆元西进入福建境内，全长约 350 km^[8]。在震区范围内沿天台盆地西侧

边界展布，到达磐安方前镇、大盆镇，控制了白垩系地层的西侧边界，全长约 60 km(图 2)。安田村以北段地貌影像清晰，安田村以南地貌上没有明显显示。野外地质调查中重点对该断裂进行调查。



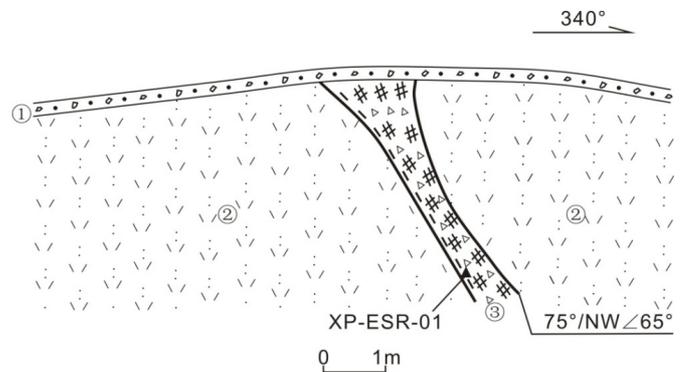
a.方前镇乌岩坑村危旧房屋屋瓦掉落; b.方前镇乌岩坑村危旧房屋灶台烟道损坏
c.尚湖镇岭干村砌体房屋老裂缝加宽加长; d.方前镇西岙村砌体房屋老裂缝加宽加长

图5 磐安 3.5 级地震房屋破坏情况照片

Fig.5 The house damage photos of Pan'an M3.5 earthquake

在大盘镇小盘村公路边见断层剖面(图 6)，断层发育于灰白色、暗红色凝灰岩中，其断层破碎带约宽 1~1.5 m，内有灰绿色断层泥，厚约 10 cm，

(断层泥取样编号：XP-ESR-01)，断层泥的 ESR 测年结果为：(175±17)ka，表明断层的最新活动年代为中更新世。



①坡积物; ②凝灰岩; ③ 断层破碎带夹断层泥

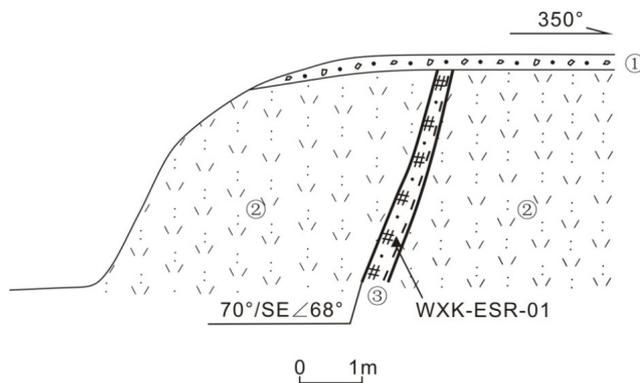
图6 小盘村公路边断层出露照片及剖面

Fig.6 Photograph and section of highway side fault in Xiaopan Village

在方前镇外小坑村东公路边见断层剖面(图 7), 断层发育于暗红色凝灰岩中, 其断层破碎带内有断层泥发育, 呈灰黑色, 厚约 2 cm(断层泥取样编号: W XK-ESR-01), 断层泥的 ESR 测年结果为: (205±20)ka, 另外, 断层面见擦痕, 显示正断层性质, 其侧伏角为 45°, 且断面偶见石英膜发育, 测年结

果显示断层的最新活动时代在中更新世。

通过对磐安震区 3.5 级地震震区分为捏奉化—丽水断裂开展的野外地震地质调查、断层物质的 ESR 测试等手段, 认为该断裂在震区范围内最新活动时代为中更新世。



① 坡积物; ② 凝灰岩; ③ 断层破碎带及断层泥

图 7 外小坑东公路边断层出露照片及清绘剖面

Fig.7 Photograph and section of highway side fault in Waixiaokeng

4 结语

此次地震的最高烈度为 V 度, 等震线形状呈椭圆形, 等震线长轴总体呈北东向。V 度区主要涉及磐安县方前镇、尚湖镇和天台县街头镇。V 度区长轴为 7.3 km, 短轴为 5.2 km, 面积约 29.3 平方千米。其中磐安县所占面积约 25.0 km², 天台县所占面积约 4.3 km²。

此次居民普遍反映震感强烈, 大部分居民地震时有抛起感或晃动感; 房屋震害主要表现为个别危旧房屋掉瓦或掉灰, 老旧房屋老裂缝有加宽、延长现象以及个别墙体歪斜或墙体连接处错位加大等现象; 宏观异常调查发现, 方前镇傅店村有户人家养的六七只鸭子地震前不肯回窝的现象。

3.根据野外地质调查、现场地震烈度调查结果, 长轴方向为北东向, 与奉化—丽水断裂走向, 且该断裂为中更新世断裂, 具备发生中强地震的发震能力。

致谢: ESR 年龄样品由中国地震局地质研究所地震动力国家重点实验室测定, 在此表示感谢! 同时感谢浙江省地震局浙江磐安 M 3.5 级地震现场工作队全体人员的辛勤工作!

参考文献:

- [1] 邓起东, 张培震, 冉勇康, 等. 中国活动构造基本特征[J]. 中国科学(D 辑), 2002, 32(12): 1020—1030.
- [2] 洪海春, 侯康明, 谭慧明, 等. 安徽安庆 M_s 4.8 级地震现场调查启示与震害特征分析[J]. 震灾防御技术, 2011, 6(4): 471—477.
- [3] 浙江省地质矿产局. 浙江省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1988.
- [4] 中国地震局. GB/T 18208.3—2011: 地震现场工作第 3 部分: 调查规范[S]. 北京: 地震出版社, 2011.
- [5] 中国地震局. GB/T 17742—2008: 中国地震烈度表[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [6] 崔鑫. 华南地区地震烈度衰减模型的建立[J]. 华南地震, 2010, 30(2): 61—66.
- [7] 刘建达, 杨伟林, 李丽梅, 等. 江苏高邮—宝应交界 4.9 级地震震害分析[J]. 中国地震, 2012, 28(4): 402—414.
- [8] 陈涛, 宋方敏, 陈献程, 等. 2017 年临安 4.2 级地震震中附近断裂活动性研究[J]. 华南地震, 2019, 3(1): 115—128.