

刘建达、杨伟林、李丽梅等, 2012, 江苏高邮-宝应交界 4.9 级地震震害分析, 中国地震, 28(4), 402 ~ 414。

江苏高邮-宝应交界 4.9 级地震震害分析

刘建达 杨伟林 李丽梅 邓民宪 谭慧明

江苏省地震局, 南京市中山门外卫岗 3 号 210014

摘要 本文根据台网监测资料及现场调查结果, 介绍了 2012 年 7 月 20 日江苏高邮、宝应交界 4.9 级地震的基本特征, 给出了本次地震的震源机制解, 结合区域地质构造背景与现场宏观调查结果分析认为, 本次地震的发生可能与杨汉苍-桑树头断裂有关。以现场调查资料为基础, 对震害进行分析, 提出了本地区地震烈度评价标志, 并给出了本次地震的烈度分布图。根据砖混结构、砖木结构房屋的震害特点, 认为水网地区地基条件差、抗震能力差、建筑质量差和年旧失修是房屋严重破坏的主要原因。针对地震灾害的地区性差异, 给出了加快推进新农村建设、提高农村民居抗御地震灾害能力和加强中强地震孕震发震研究等建议, 以期震害调查和地震灾害的预测预防提供参考。

关键词: 高邮、宝应交界 4.9 级地震 地震烈度 震害特征 宏观现象 人的感觉 器物的反应

[文章编号] 1001-4683(2012)04-0402-13 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

2012 年 7 月 20 日 20 时 11 分在江苏省扬州市下辖的高邮市与宝应县交界处发生了 4.9 级地震。这次地震是江苏省陆地上继 1990 年常熟、太仓 4.9 级地震(中国地震局震害防御司, 1999; 江苏省地震局一般采用 5.1 级)后时隔 22 年的又一次破坏性地震, 受到各方的高度关注。该地震有感范围较大, 江苏全省有震感, 与江苏省交界的安徽省部分地区也有震感。其中高邮、宝应、兴化、金湖、建湖、涟水等地震感强烈, 南京、扬州、泰州、镇江、淮安、连云港等地震感明显。地震造成 1 人死亡, 3 人轻伤。

地震发生后, 江苏省地震局立即启动应急预案, 成立地震应急指挥部, 现场工作队实施边集结边出发的快速出队方式连夜迅速赶往震区, 同时启动华东地震应急协作联动机制, 安徽省地震局、上海市地震局、浙江省地震局组织现场工作技术骨干连夜出发, 在 21 日凌晨到达震区。21 ~ 22 日分 9 组开展地震现场应急调查工作, 23 日完成全部现场工作。本文根据现场调查结果, 分析了本次地震的灾害特点, 阐述了震害与宏观现象之间的关联性, 为类似地震的震害调查和地震科研工作提供参考。

[收稿日期] 2012-10-12

[项目类别] 苏州市政府重点项目“苏州市活动断层探测与地震危险性评价”(苏中诚-2009-191 号)、徐州市政府重点项目“徐州市新城区、开发区活动断层探测与地震危险性评价”(徐采谈 T(2009)009)

[作者简介] 刘建达, 男, 生于 1963 年, 江苏武进人, 正研级高工, 主要从事地震工程与地震地质、地震应急等工作。

E-mail: jd-liu@163.com

1 地震基本参数与震源机制解

1.1 地震基本参数

根据中国地震台网中心(截止到 2012 年 7 月 22 日 23 时)发布的主震参数,本次地震发震时间为 2012 年 7 月 20 日 20 时 11 分 50.8 秒(北京时间),震中位置为 33.0°N、119.6°E,位于高邮市与宝应县交界处的高邮市周巷镇,震级为 4.9,震源深度 6km,震中烈度 VI 度。截止到 7 月 31 日,震区共记录到 $M_L \geq 1.0$ 的余震 84 次,其中 $M_L \geq 2.0$ 的地震 26 次, $M_L = 2.0 \sim 2.9$ 的地震 21 次, $M_L = 3.0 \sim 3.9$ 的地震 4 次, $M_L \geq 4.0$ 的地震 1 次,最大余震为 2012 年 7 月 20 日 20 时 24 分 42 秒发生的 $M_L 4.1$ 地震。地震震型为主震－余震型。

1.2 震源机制解

利用江苏测震台网 8 个台的宽频带数字地震波形记录资料,采用 CAP 方法反演得到主震震源机制解(表 1)^①。其中 NNE 向的节面与宏观烈度分布和精定位结果符合较好,初步判定该节面为主震破裂面。震源机制解结果表明,该地震破裂面以右旋走滑为主,带有少量的正断层分量。

表 1 震源机制结果			
节 面	走向(°)	倾角(°)	滑动角(°)
节面 1	22	72	-164
节面 2	107	74	12

2 震区概况与地质构造背景

2.1 震区概况

本次地震震区(V、VI 度区)涉及扬州市的高邮市、宝应县和泰州市的兴化市部分地区,震区面积约 580 km²。震区经济以农业为主,工业为辅,以经济技术开发区为经济龙头,带动乡镇企业发展。

根据 2011 江苏年鉴(江苏省地方志办公室,2011)记载,高邮市人口 83.16 万人,面积 1963 km²,平均人口密度为 708 人/km²,年生产总值 255.81 亿元人民币,震区涉及该市 8 个镇。宝应县人口为 91 万人,面积 1486.23 km²,平均人口密度为 612 人/km²,年生产总值 241.41 亿元人民币,震区涉及该县 5 个镇;兴化市人口为 155 万人,总面积 2393.35 km²,平均人口密度为 648 人/km²,年生产总值 387.11 亿元人民币,震区涉及该市 5 个乡镇。

2.2 地质地貌特征

此次地震位于苏北中部,属里下河浅洼平原区(江苏省地质局第一水文地质队,1980),地面海拔约 2~6m。地貌类型为水网平原、圩田平原及湖滩地等。该地区河流、湖泊密布,主要河流有京杭大运河、宝应河、横泾河、大潼河等,最大的湖泊为高邮湖。河流走向多以南北向为主,其次为近东西及北东向,纵横交错,为典型的里下河水网地带。区内新近系及第四系地层以河湖相砂泥质及亚粘土沉积为主要特征,其厚度总体表现为由西向东变厚,大致为 400~1000m,最厚处位于临泽镇,约达 1080m,表明新构造期以来,该地区在拗陷大背景下以继承性缓慢下降为主要特征。

① 江苏省地震局,2012,2012 年 7 月 20 日江苏高邮、宝应交界 M4.9 地震灾害评估报告

2.3 地质构造背景

区域地质资料显示,该地区没有区域性断裂。震区位于苏北南黄海南部盆地东台坳陷的高邮凹陷内。高邮凹陷北侧为建湖隆起,地震就发生在高邮凹陷内的东北端,紧邻建湖隆起的南缘,位于柳堡凸起与柘垛凸起之间的临泽凹陷内(图 1)。

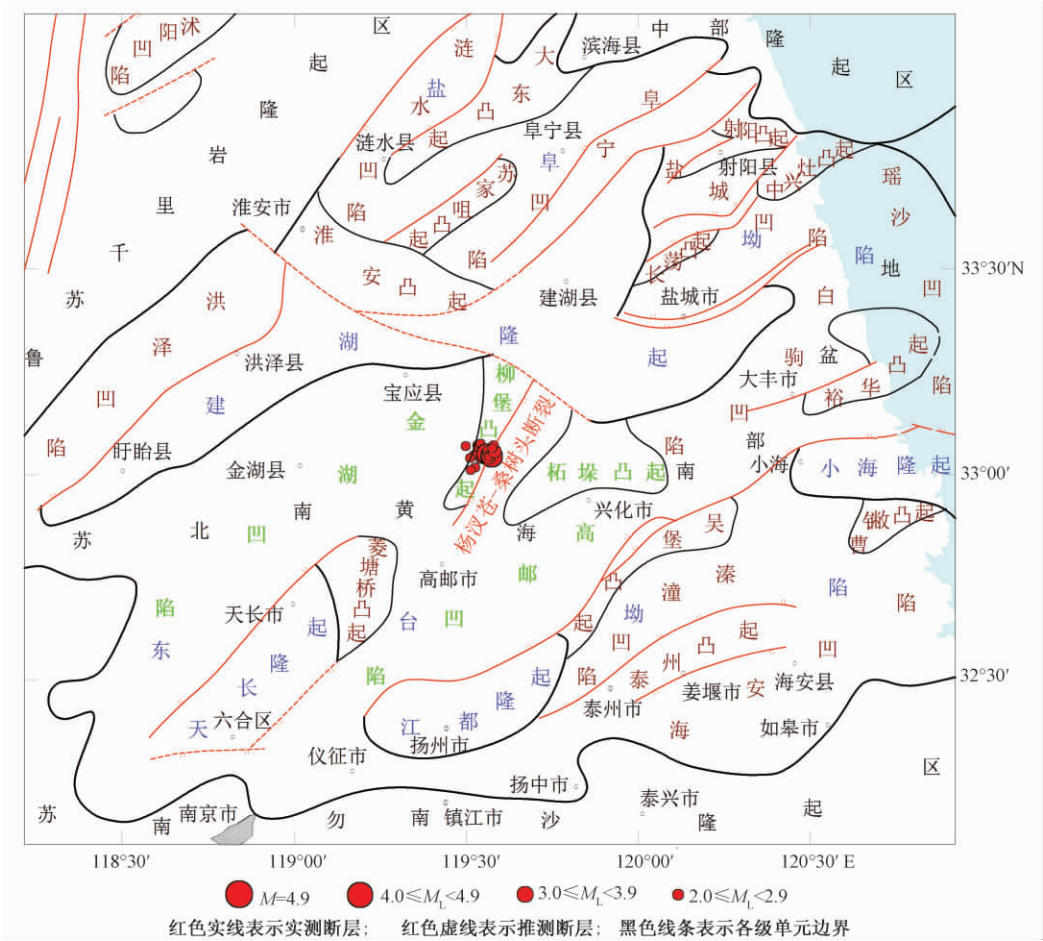


图 1 江苏高邮、宝应交界 4.9 级地震及其余震分布和邻区地质构造图

东台坳陷是中、新生代沉积坳陷,第三系最发育,最大厚度达 6km;基底深度一般大于 6km,坳陷中心最大深度可达 7~9km。东台坳陷被一系列 NE 向凸起分割为几个次级凹陷,如高邮凹陷,凹凸之间都以断裂接触。高邮凹陷研究表明(能源等,2009;张克鑫等,2008;吴向阳等,2009),自晚白垩世至新生代经历了完整的裂陷盆地演化阶段,即早期拗断-断拗-断陷-晚期拗陷,并形成不同的凹凸结构。柳堡凸起、临泽凹陷、柘垛凸起就是由高邮凹陷裂陷盆地演化而成。凹陷边界断裂对凹陷内部构造变形具有明显的控制作用,在断陷伸展阶段,边界断裂控制凹陷内构造变形,伸展量集中于边界断裂;在凹陷伸展阶段,断层以继承性相对均衡发育为特点。区域地质资料显示,柳堡凸起、柘垛凸起受北东向高邮北断裂组的 2 条断裂控制,其中杨汉苍-桑树头断裂为柳堡凸起与临泽凹陷的边界断裂,控制了临

泽凹陷的发育(江苏省地质局第一水文地质队,1980;能源等,2009;张克鑫等,2008;吴向阳等,2009)。该断裂走向 $NE30^{\circ} \sim 35^{\circ}$, 倾角 $75^{\circ} \sim 80^{\circ}$, 属正断层, 总长 37km。

地震精定位结果显示,震中位于临泽凹陷内的西北侧,紧邻柳堡凸起;地震烈度等震线形态显示,极震区呈椭圆型,长轴方向为 NE 向,在双沟至双砣一线(NE 向)灾情严重,地震烈度表现为北西侧衰减快,南东侧衰减慢;地震余震空间分布图象以及震源机制解等特征显示,该地震破裂面以右旋走滑为主,带有少量的正断分量。

分析认为,本次地震的发震断层可能是 NE 向的杨汉苍-桑树头断裂(图 1),依据如下:一是该断裂为柳堡凸起与临泽凹陷的分界断裂,控制了临泽凹陷的发育,平面上已经探明的断裂长度有 37km,表明该断裂具有一定的规模;二是该断裂为正断层,走向 NE,倾向 SE;三是该断裂与地震破裂面特征相近,震源深度与该地区的基底深度相近;四是宏观调查结果与该断裂在空间上具有一致性。这些特征说明,本次地震的发生与杨汉苍-桑树头断裂密切相关,地震的孕育与发生可能是该断裂与柳堡凸起与临泽凹陷构造共同作用的结果,是发震构造的共同体。该认识具有解释上的合理性和与宏观调查结果的一致性。

3 现场调查与地震灾害

3.1 现场调查

按照地震现场工作规范的要求(国家质量监督检验检疫总局,2012a、2012b),本次地震现场调查分 9 组,分别沿东、西、南、北、东北、西北、东南、西南、南南西 9 条路线,呈放射状覆盖震区,范围涉及高邮市周巷镇、临泽镇、周山镇、界首镇、徒镇、横泾镇、卸甲镇、马棚镇,宝应县夏集镇、柳堡镇、范水镇、小官庄镇、广洋湖镇,兴化市沙沟镇、周奋乡、缸顾乡、李中镇、西郊镇等 18 个乡镇的 97 个村、社区、场的近 5000 户房屋,以及道路桥梁、其他建(构)筑物等。

调查工作于 21 日早上 6 时开始,各调查组将灾情信息以短信形式及时上报,指挥部在图上直接标注受损地点及受损程度,并根据调查进程和灾情发现情况,对灾情比较严重的地区展开加密调查,当日晚 10 时勾画出烈度图,22 日补充面上抽样调查点和极震区典型灾害的抽样调查复核,对重点灾情进行确认,最终形成本次地震的烈度分布图(图 2)。

3.2 地震烈度分布

本次地震现场调查划分出了 V 度区和 VI 度区,极震区烈度 VI 度,等震线为椭圆形,长轴呈 NE 向(图 2)。VI 度区长轴约 19.1km,短轴约 10.6km,总面积约 160km^2 。其中高邮市 120.8km^2 ,涉及周巷、周山、临泽等 3 个镇,占高邮市总面积 10.28%;宝应县 29.3km^2 ,涉及夏集、柳堡等 2 个镇,占宝应县总面积 1.97%;兴化市 8.6km^2 ,涉及沙沟镇、周奋乡,占兴化市总面积 0.36%。V 度区长轴约 35.6km,短轴约 20.2km,总面积约 420km^2 。其中高邮市 228.8km^2 ,涉及周巷、周山、司徒、马棚、龙虬、临泽、横泾等 7 个镇,占高邮市总面积 19.47%;宝应县 71.1km^2 ,涉及夏集、柳堡、广洋湖等 3 个镇,占宝应县总面积 4.78%;兴化市 118.2km^2 ,涉及沙沟、李中、西郊等 3 个镇和周奋、缸顾等 2 个乡,占兴化市总面积 4.94%。本次地震破坏最严重的村镇是宝应县夏集镇双砣村的相桥、苏南、徐墩和陈墩 4 个组,高邮市周巷镇双沟村的破坏也比较严重。

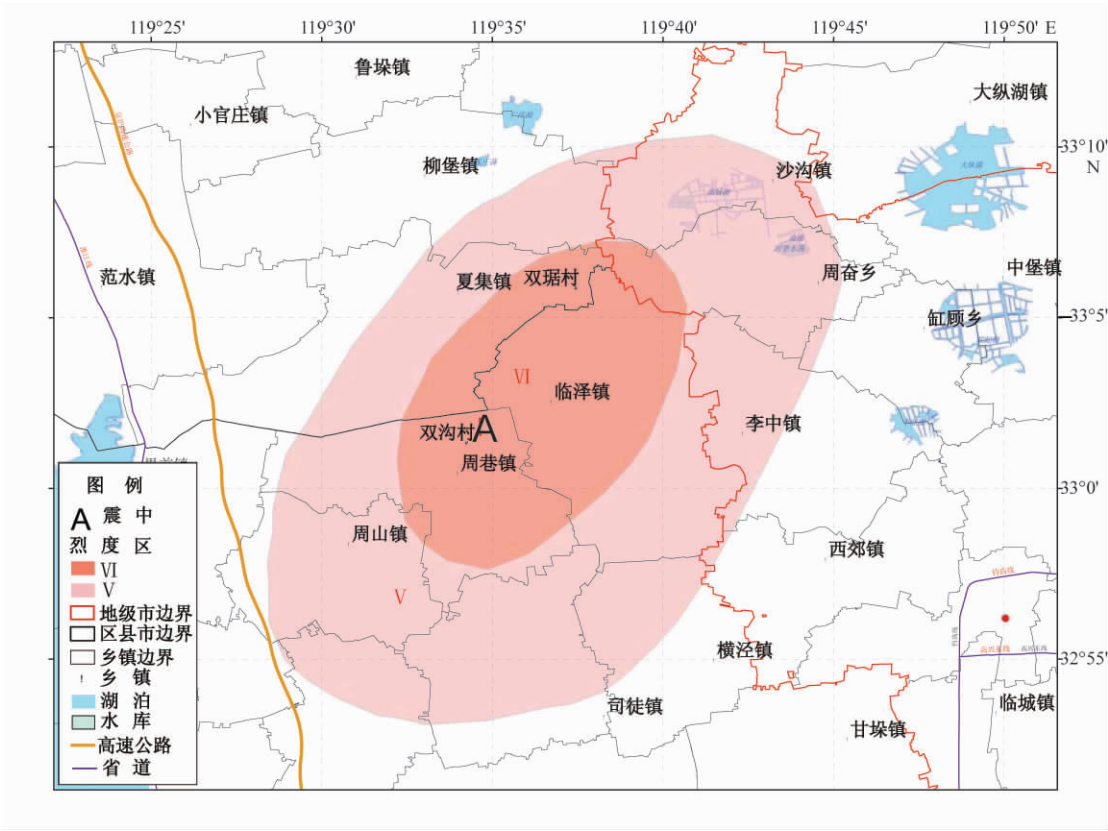


图2 江苏高邮、宝应交界 4.9 级地震烈度分布图

3.3 地震灾害分析

据高邮市、宝应县和兴化市人民政府提供的资料和现场调查得知,本次地震造成 1 人死亡,3 人轻伤。高邮市周巷镇 14 户、周山镇 21 户、临泽镇 8 户有房屋倒塌(22 间)和严重损坏均为厢房、附属房、无人居住房。宝应县有 42 户 89 间房屋倒塌,严重损坏 81 户 152 间,包括主房和厢房、附属房。兴化市有 2 间房屋倒塌,但为厢房且无人居住。建筑物受损总面积见表 2。

表 2 各市(县)建筑物受损总面积(m²)

县(市)	轻微破坏	中等破坏	严重破坏	毁 坏
宝应	216729	48652	2546	290
高邮	71275	0	525	550
兴化	1760	0	0	50

本次地震为 4.9 级,受灾范围基本为农村地区,涉及的乡镇规模较小,没有县城及规模较大的城镇。地震灾害评估时将震区分为 2 个评估子区进行抽样调查,共对Ⅵ度区 34 个村、Ⅴ度区 63 个村共 97 个村镇(小组)进行了调查,对近 5000 户房屋进行了抽样调查,抽样点和调查点密度比较高,调查结果见表 3。专家组对各抽样调查点的结果进行了确认,对异常点房屋的破坏进行了现场查看、复核,得到了不同地震烈度区建筑物受损情况(表 4)。由表 4 可知,Ⅴ度区建筑物基本完好(含完好)的达到 98.6%,Ⅵ度区建筑物基本完好(含完好)的达到 82.0%;Ⅴ度区无房屋毁坏,Ⅵ度区毁坏房屋占 0.1%,主要为老旧民房、厢房、附属房,绝大部分无人居住。

表 3 抽样点不同烈度区建筑物受损情况调查表(m²)

烈度区	基本完好 (含完好)	轻微 破坏	中等 破坏	严重 破坏	毁坏
VI	138826	18642	9363	2679	438
V	215336	2702	317	0	0

表 4 不同烈度区建筑物受损百分比(%)

烈度区	基本完好 (含完好)	轻微 破坏	中等 破坏	严重 破坏	毁坏
VI	82.0	11.0	5.2	1.7	0.1
V	98.6	1.4	0	0	0

4 震害与宏观现象分析

4.1 震害判别标志

以人和物体的地震反应、建筑结构受损和强震地面现象作为划分烈度的宏观尺度(周正华等,2008;贾冠华等,2010;夏坤等,2011、2012;国家质量监督检验检疫总局,2009)。本次 4.9 级地震属于中等强度地震,对建筑物的破坏相对较轻,尤其是在城镇,几乎看不到建筑物被破坏,只在农村的局部地区见到少量建筑破坏。震区没有安装强震观测仪器,因此本次调查把人的感觉和器物的反应也作为评定地震烈度主要宏观标志,这也是非常有效的判别标准(夏坤等,2011、2012)。本次地震震害特征是通过人和物体的地震反应、建筑结构的受损情况、地震时出现的其他现象以及震区的具体特点综合判定的。

震区建筑物的主要结构类型有砖混楼房和砖木平房两类。第一类是砖混楼房,主要由砖墙承重,墙体是实心砖墙,采用预制或现浇钢筋混凝土楼板和屋盖,有地梁或圈梁,多数房屋有钢筋混凝土柱或砖柱,房屋多为 2~3 层,层高 3.3m,开间多为 3.5~4.5m,进深 5.0~7.0m,承重墙约 250mm 厚,大多建于上世纪 90 年代以后,建筑质量相对较好,抗震能力较强。该类房屋分布较广,是震区较为普遍的结构类型。第二类是砖木平房,主要为砖砌墙、木屋盖,屋盖主要采用硬山搁檩形式,多为上世纪 70~80 年代建造,多数房屋属于老旧房屋,房屋质量差,抗震能力弱。该类房屋在震区所占比例相对较少。因此对于房屋震害判定,一般情况下将第一类房屋个别出现细小裂缝、掉灰,第二类房屋少数出现细小裂缝、老裂缝加大和个别烟囱掉砖等归为 V 度区;将第一类房屋少数出现细小裂缝、掉灰,第二类房屋多数出现细小裂缝、老裂缝加大和烟囱掉砖、倒塌等归为 VI 度区。

4.2 典型震害分析

(1) 砖混结构楼房严重破坏的比较少,最典型的破坏是夏集镇双砦村的苏南组、陈墩组等。由于建筑物质量的不同,在震害的表现上呈截然不同的破坏形式,最差的房屋达到严重破坏,比较好的房屋基本完好或轻微破坏,震害等级跨度比较大。

图 3 是宝应县夏集镇双砦村苏南组一砖混结构楼房严重受损的一组照片。该房屋建于上世纪 90 年代中期,为二层砖混结构。在一层门窗之间的山墙、窗户两侧的面墙、楼梯间窗户与山墙窗户之间的墙体均出现了大型“X”剪切裂缝(图 3(a)),裂缝宽度约 2cm,内外对穿(图 3(c));砖体本身出现 45°斜向剪切破碎(图 3(b));房顶屋脊震塌,屋面落瓦严重(图 3(d)),判断为严重受损。分析该房屋出现的震害现象,认为一是地震力比较大,二是该房屋建筑质量比较差。该房屋采用空心立面砖砌而成,用黄泥土作为粘合剂(图 3(b)),粘结强度极低。三是房屋结构不合理,一层与二层之间地震力无法有效传递(二层墙体无明显破坏),因此当遭遇比较大的地震力作用时,一层震害就显得非常严重。



图3 夏集镇双砦村苏南组一砖混结构楼房严重受损

图4和图5分别是图3的前一排和前二排房屋,相距约40m。图5房屋建于2000年前后,图4房屋建于2006年前后,都是砖混结构,有地梁、圈梁和砖柱,采用预制或现浇钢筋混凝土楼板和屋盖。图4的建筑质量比图5的好,但是都好于图3。



图4 夏集镇双砦村苏南组一砖混结构楼房轻微受损

图4(a)房屋基本完好,仅在通往屋外厨房的小门的立柱与墙体之间出现了1条横向裂缝,表面瓷砖破裂(图4(b)),房屋内部无明显裂缝。判定为基本完好或轻微受损。

图5(a)在阳台下与一层窗户之间出现一条斜裂缝,屋内也对称存在。窗户、门框周围墙体出现裂缝,大门上方预制板出现掉灰。房屋左侧独立建造的厨房立砖砌烟囱倒塌(图5(b)),判定为中等受损。位于厨房后侧屋顶上简易砖砌墩支起的太阳能热水器安好无损

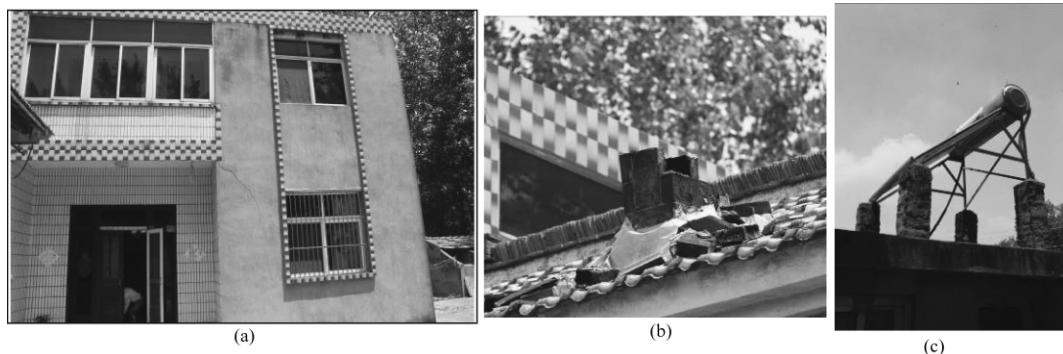


图 5 夏集镇双砦村苏南组一砖混结构楼房遭到中等程度的破坏

(图 5(c)), 表明该房屋建筑质量相对比较差。

(2) 老旧的砖木平房受损情况比较多, 最严重的是倒塌。典型震害主要出现在夏集镇双砦村的陈墩组、相桥组、徐敦组, 双沟村 6 组等, 该类房屋年旧失修, 房屋质量差, 抗震能力弱。在极震区中老旧的砖木平房部分倒塌, 部分墙体严重开裂; 近几年新建的平房质量比较好, 房屋基本完好或轻微受损。

图 6 是夏集镇双砦村陈敦组典型的砖木结构平房受损情况。图 6(a) 房屋南北向结构, 建设年代久远, 在地震力的作用下, 后墙剪切破裂并整体向外倒塌, 地震力的剪切作用痕迹非常明显, 左侧后墙受剪切作用半壁倒塌、半壁残留(图 6(b)); 右侧后墙外鼓且剪切裂缝大, 随时可能倒塌。该房屋震害属于毁坏。在该房屋东侧约 50m 处新建的一层砖木结构平房, 没有发现明显裂缝(图 6(c)), 有一户属于完好, 另外一户有掉瓦现象, 属于轻微受损。可见建筑物质量差异是造成了震害等级差异的主要因素。

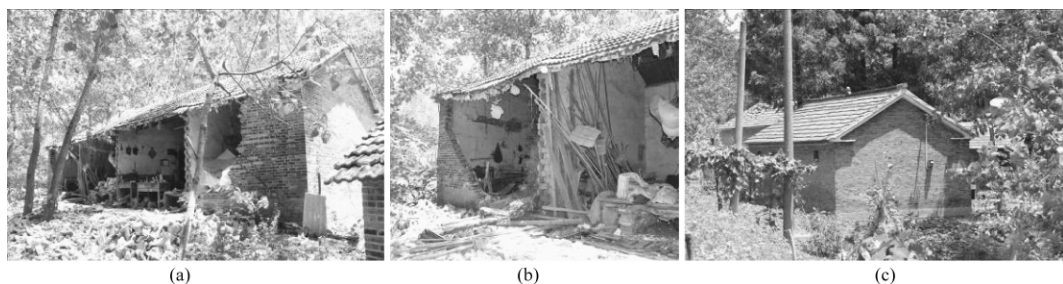


图 6 夏集镇双砦陈村敦组新、旧砖木平房受损

图 7 是夏集镇双砦村相桥组典型的一层砖木结构受损情况。图 7(a) 房屋建于上世纪 70~80 年代, 图 7(b) 房屋建于 2000 年前后, 高度略高于图 7(a) 房屋(图 7(c))。由于图 7(a) 房屋基本不具有抗震能力, 在地震力的作用下, 面墙向里面整体倒塌, 致使房屋男主人压伤后死亡; 图 7(b) 房屋由于建设年代晚, 相对图 7(a) 的老房子质量要好些, 山墙完整无明显裂缝, 但是后墙与山墙之间严重开裂, 最大裂缝宽度约 5cm, 被严重破坏。分析原因, 一方面是本身房屋建筑质量差, 不具备抗震能力, 在地震力的作用下出现裂缝、甚至倒塌; 另一方面, 该房屋后面是一条与房屋平行的河塘(图 7(c)), 房屋紧邻河塘的岸边建设, 尽管河

塘已经干枯,但是河塘与河岸的土层是不一样的,河塘一般存在软弱土,河岸为粘性土,而建房时地基只作些浅表夯实,不做其他地基处理,这使房屋所在的地基承载力不均匀,造成震害的加重。地基条件差也是震害严重的一个重要因素。



图7 夏集镇双砬村相桥组砖木平房受损

图8是极震区其他类型房屋的典型受损情况。图8(a)是双砬村徐敦组一典型的柴草屋,堆放杂物与农具等,为简易的辅助用房。该类简易辅助用房通常为砖木结构,用黄泥作为粘合剂,不具抗震能力。在地震力的作用下,表现为前墙或后墙整体倒塌,属毁坏。图8(b)是周巷镇双沟村上世纪90年代前后建的农居房屋,也是震区典型的农居房屋,通常作为堆放家庭杂物的地方,一般不住人,个别有老年人居住。这类房屋为砖木结构,用黄泥加少量砂掺和作为粘合剂,没有砖柱、圈梁等结构,抗震能力相对较差,在极震区通常出现规模较大的典型“X”裂缝、屋檐掉落等现象。也有的房屋则表现为山墙与前墙或后墙之间出现大型张性裂缝(图8(c)),更严重时则出现前墙或后墙倒塌(图8(d))。该类房屋在极震区一般被严重破坏或毁坏;在Ⅴ度区一般出现裂缝,定为中等受损。

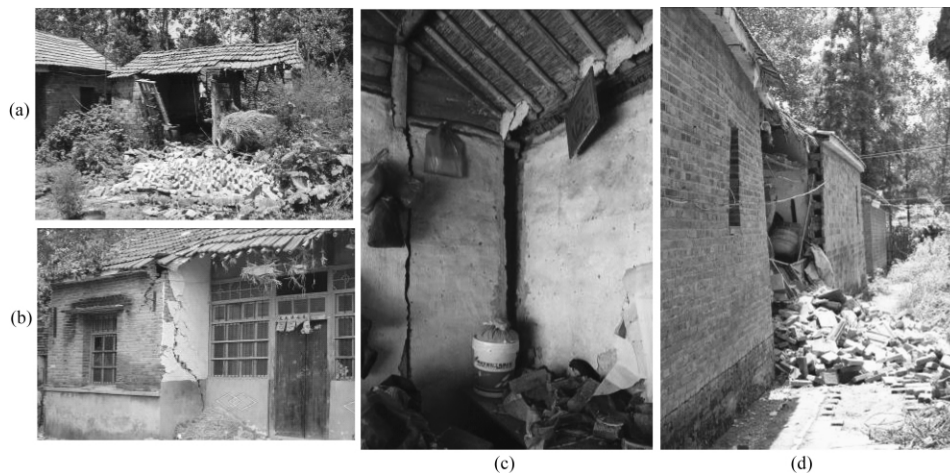


图8 夏集镇双砬村徐墩组柴草屋、砖木平房受损

(3) 女儿墙与烟囱受损严重。图9(a)是双砬村苏南组一典型的女儿墙倒塌震害特征。

该女儿墙建于 2008 年前后,东西向展布,砖混结构,推测为受到地震力的作用和主屋阳台楼板的推挤,使女儿墙出现南北向整体倒塌。图 9(b)、9(c)为双砦村徐墩组一户典型的烟囱倒塌震害现象,屋外烟囱整体倒塌,屋内烟道倒塌砸坏灶台,这种现象在极震区出现多起,但大多数烟囱表现为整体倒塌和掉砖,屋内烟道有裂缝但没有倒塌,灶台影响不大;在Ⅴ度区,烟囱主要表现为不同程度的掉砖。本次地震造成烟囱受损现象比较普遍,烈度不同受损程度也明显不同,烟囱受损程度可以作为评价本地区地震烈度的一个宏观指标。

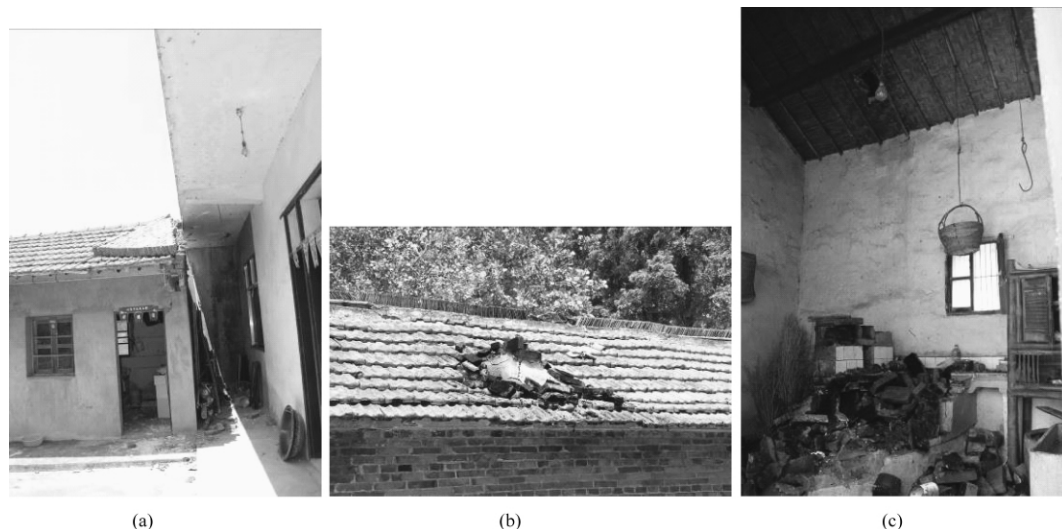


图 9 夏集镇双砦村女儿墙、烟囱被震塌

(4) 电力工程出现局部故障。本次地震造成宝应电网两条 10 千伏线路速断动作、9 台次配电设施故障(5 处配变高压熔丝震脱、4 处配变总保护器跳闸故障)和 52 处居民用户的接户装置故障。

(5) 在交通桥梁方面,仅位于极震区地带的 332 省道大兴金公路三横河桥梁的桥台出现横向勾缝裂缝外,其它桥梁没有发现明显震害。

(6) 构筑物受损方面,仅发现高邮市临泽殡仪馆 36m 高砖烟囱顶部震塌 5m 多。

4.3 典型宏观现象分析

(1) 器物反应明显。现场调查中,发现器物反应程度差异大,也比较典型。图 10 是双砦村苏南组一村民家的长条桌上一装有食用油的 10kg 铁油桶,在地震时晃动并撞到墙上后掉落在地,墙上油迹依旧。同时,图 10 还可以看到地震造成的墙上裂缝明显,该房屋为 2006 年前后建设的砖混结构。对发生在同一处的铁油桶宏观现象与裂缝显示的房屋震害程度对比分析,可以把铁油桶的宏观现象与该类房屋的震害程度作为该地震典型的宏观现象与震害的判别标志予以对应。

在Ⅴ度区内器物反应主要表现为超市货架摇晃、不稳定物体掉落,少数超市还有装饰天花板局部掉落。

(2) 地声、地光、增水现象明显。现场调查中发现,地震时听到地声者众多,但声音不太一致。临泽镇许多村民听到的是刺耳的声音,派出所的监控录像显示村民捂着耳朵往外跑;

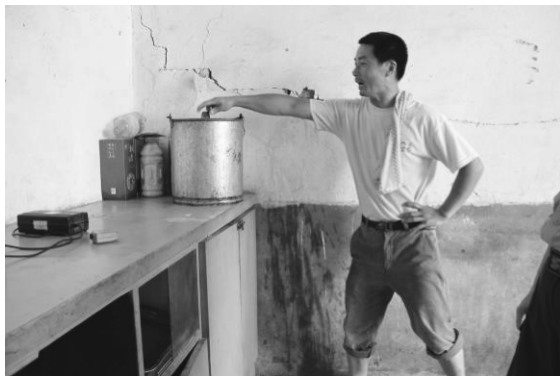


图 10 夏集镇双砦村苏南组一村民家桌上铁油桶地震时油泼洒到墙上

双砦村村民听到类似轰隆隆声和大鞭炮声;周巷镇听到类似大卡车的声音等等,声音种类不同,但是地声现象非常明显。

在双砦村相桥组附近,居民反应发现耀眼地光,骑车人看不到路,路边的草倒地,天有压下来的感觉,甚是可怕。

双砦村陈墩组的陈墩大鱼塘,水面约 60 亩,地震时守鱼塘的村民见鱼塘的水明显涨上来(增水),掀起的浪有 1m 多。

(3) 人的感觉非常明显。震区普遍感觉震感强烈,有两个最为典型的“人的感觉”例子,可以客观的进行震害分析。一是宝应县夏集镇友映村如意组郭姓村民(女,66 岁)因避震从家中跑出,造成腿部骨折,属于仓皇出逃躲避地震;二是高邮市界首镇老人桥村嵇姓村民(女,49 岁)下班途中,在地震时骑电动车摔倒,头部、腹部撞伤,右下肢 12cm 外伤,属于地震时骑车人感觉到地面震动,惊恐、把持不住车继而摔倒。

5 结论与建议

江苏高邮、宝应交界 4.9 级地震是江苏省陆地上继 1990 年常熟、太仓地震后时隔 22 年后的破坏性地震,虽然这次地震震感强烈,有感范围较大,但经过这些年抗震设防管理工作的全面落实,建筑物整体质量越来越好。这次地震震级与常熟地震相近,但是该次地震造成的直接经济损失显著减少。

该地震造成 1 人死亡,3 人轻伤,房屋倒塌 113 间,主要集中在极震区的老旧房屋,这些房屋抗震能力差,且年久失修。显然,震害与房屋建设质量有关,经过抗震设防的建筑物明显强于不设防的建筑物,近几年建设的安居房和自建房基本完好或没有破坏。对比分析我国其它地区中强地震震害与成因(何玉林等,2010;翟洪涛等,2011;罗杰,2009;刘爱文等,2006;文升梁等,2010;陈建波等,2012;陈坤华等,2012;冯建林等,2007;张超等,2008),结合本次地震考察,得到以下几点结论与建议:

(1) 抗震设防标准低,造成的损失大。宝应县的抗震设防烈度Ⅵ度,而高邮市、兴化市为Ⅶ度。现场调查显示,具有一定抗震能力的房屋,在极震区的受损情况一般为轻微—中等。极震区范围高邮是宝应的 4 倍,但是宝应的轻微受损房屋是高邮的 3 倍,还有 4.8 万 m^2 的中等受损,而高邮、兴化没有出现中等受损。尤其是这种震源浅的直下型地震,对房屋

的破坏力明显增大,抗震能力差的房屋受损将更加严重。

(2) 老旧民居房屋受损严重。本次地震造成宝应、高邮的老旧民居倒塌或严重受损,而新农村建设房屋基本完好。全面提高农村民居抗御地震灾害的能力,早日完成新农村建设的任务是减轻地震灾害的最有效办法,也是实现 2020 年防震减灾奋斗目标的重要和迫切的任务之一。

(3) 震区地地质条件差,软土、地表水系和水体发育也是加重震区房屋受损的一个主要因素。这次地震发生在里下河地区,水网密布,土层变化大,建设在地基条件差的房屋明显加重了震害。因此,在新农村建设中应选择场地条件相对好的地段统一进行规划和建设。

(4) 没有区域性断裂的地方,在深部亦可能存在发生破坏性地震的潜伏构造和孕震环境。本次地震发生在高邮、宝应交界,该地区是研究程度比较高的石油勘探区,有资料显示该地区没有区域性大断裂,但是隆凹结构复杂。新的地震动参数区划图已经将江苏的本底地震确定为 5.5 级,也就是地表断裂构造十分简单的地区仍然具备发生中等地震的可能。因此,应加强中强地震的孕震发震研究。

致谢:此次地震现场调查工作由中国地震局华东协作区高邮、宝应地震现场工作队共同完成。上海市地震局、浙江省地震局、安徽省地震局的专家和我局的同事们做了大量的现场调查工作,并为本文提出了宝贵的意见和建议,毕雪梅博士为本文绘制了地震烈度图,在此一并表示衷心感谢。

参考文献

- 陈建波、谭明、吴国栋等,2012,2011 年 10 月 16 日新疆精河县 5.0 级地震震害特征及原因,震灾防御技术,7(2),164~171。
- 陈坤华、卢永坤、张彦琪等,2012,盈江 5.8 级地震的震害特征及破坏机理,地震研究,35(1),110~116。
- 冯建林、李德庆、秦建增等,2007,河南范县 M_L 4.7 级地震的启示,震灾防御技术,2(4),432~433。
- 国家质量监督检验检疫总局、国家标准化管理委员会,2009,GB/T 17742—2008《中国地震烈度表》,北京:中国标准出版社。
- 国家质量监督检验检疫总局、国家标准化管理委员会,2012a,GB/T 18208.3—2011《地震现场工作 第 3 部分:调查规范》,北京:中国标准出版社。
- 国家质量监督检验检疫总局、国家标准化管理委员会,2012b,GB/T 18208.4—2011《地震现场工作 第 4 部分:灾害直接损失评估》,北京:中国标准出版社。
- 何玉林、周荣军、李勇等,2010,2010 年 1 月 31 日四川遂宁市与重庆潼南县交界 5.0 级地震概况,中国地震,26(2),235~241。
- 贾冠华、袁中夏、钟秀梅等,2010,不同烈度区农村自建砖砌体房屋震害特征研究,世界地震工程,26(4),43~49。
- 江苏省地质局第一水文地质队,1980,区域水文地质普查报告(高邮幅、镇江,1:20 万)。
- 刘爱文、常宝林、李雨生等,2006,2006 年 7 月 4 日河北省文安 5.1 级地震震害分析,震灾防御技术,1(3),278~282。
- 罗杰,2009,九江瑞昌 5.7 级地震主要结构类型房屋破坏成因分析,华南地震,29(1),115~121。
- 能源、杨桥、张克鑫等,2009,苏北盆地高邮凹陷晚白垩纪—新生代构造沉降史分析与构造演化,沉积与特提斯地质,29(2),25~32。
- 文升梁、陶晓莉、曹华文等,2010,西藏尼玛 5.6 级地震房屋震害特征分析,防灾科技学院学报,12(1),36~39。
- 吴向阳、夏连军、陈晶,2009,苏北盆地高邮凹陷构造再认识及对油气勘探的意义,石油实验地质,31(6),571~575。
- 夏坤、张令心、刘洁平,2011,中外烈度表“人的感觉”和“器物的反应”对比研究,地震工程与工程振动,31(5),21~29。
- 夏坤、张令心、刘洁平,2012,汶川特大地震“人的感觉”和“器物的反应”震害分析,灾害学,27(3),92~96。
- 翟洪涛、曹均锋、李代娣等,2011,2011 年 1 月安徽安庆 4.8 级地震烈度与房屋震害,震灾防御技术,6(3),276~283。

- 张超、吴从晓、伍圣喜, 2008, 云南普洱 6.4 级地震震害分析, 防灾减灾工程学报, **28** (65), 230 ~ 247。
- 张克鑫、漆家福、任红民等, 2008, 苏北盆地高邮凹陷断层演化规律研究, 大庆石油地质与开发, **27** (2), 21 ~ 24。
- 中国地震局震害防御司, 1999, 中国近代地震目录 (公元 1912 年—1990 年, $M_s \geq 4.7$), 北京: 中国科学技术出版社。
- 周正华、温瑞智、王玉石等, 2008, 地震宏观震害调查的几点建议, 震灾防御技术, **3** (3), 266 ~ 270。

Damage survey and analysis on earthquake ($M_s = 4.9$) at the boundary zone of Gaoyou and Baoying, Jiangsu Province

Liu Jianda Yang Weilin Li Limei Deng Minxian Tan Huiming

Earthquake Administration of Jiangsu Province, Nanjing 210014, China

Abstract Based on the seismographic network monitoring data and field investigation, the characteristics and damage of the $M_s 4.9$ earthquake at the boundary zone of Gaoyou and Baoying, Jiangsu Province on July 20, 2012 have been introduced. The results of focal mechanism solution have been obtained by CAP method. According to the regional geological structure data and field investigation, the occurrence of the earthquake is probably related to the Yangchacang-Sangshutou fault. According to relation of buildings damage and earthquake responses of people and objects, the evaluation criterion of earthquake intensity suitable for this area has been drawn, and the earthquake intensity distribution has been illustrated. The earthquake damage characteristics of brick-concrete structure and brick-wood structure buildings have been analyzed and the main reasons of building damage have been summarized, such as low bearing capacity of foundation in variegated rivers areas, poor anti-quake capacity, poor quality of construction and poor maintenance of buildings. Based on the regional differences of earthquake damage, the suggestions on new rural construction, capacity improvement of projection against earthquake disasters and researches on seismic tectonic zone of moderate and strong earthquakes have also been proposed.

Key words: $M_s 4.9$ earthquake at the boundary zone of Gaoyou and Baoying Earthquake intensity Earthquake damage characteristics Macroeconomic phenomenon Human feeling Object response