

文章编号: 1004-4574(2008)05-0026-08

从九江地震看我国村镇房屋抗震设防

郭永恒, 周 云, 吴从晓, 汤统壁, 聂一恒

(广州大学 土木工程学院, 广东 广州 510006)

摘要: 在总结分析九江地震震害的基础上, 结合对我国华南、华东、华中、华北等一些地区村镇房屋历史震害特点及抗震能力现状调查结果的分析, 指出了我国村镇房屋抗震能力薄弱的薄弱环节和普遍的震害规律, 从工程防灾的角度论述了加强房屋抗震设防的有效性和必要性, 阐述了目前我国村镇房屋抗震设防现状与目标的差距, 进一步指出了加强抗震设防建设是减轻地震灾害的根本途径。

关键词: 九江地震; 震害特性; 村镇房屋; 抗震设防

中图分类号: P315.9 **文献标识码:** A

Seismic fortification capability of rural buildings in China in view of Jiujiang earthquake

GUO Yong-heng, ZHOU Yun, WU Cong-xiao, TANG Tong-bi, NIE Yi-heng

(School of Civil Engineering, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

Abstract Based on the analysis of seismic damage of Jiujiang earthquake and the investigations and studies on the seismic damage characteristic of buildings in recent years and on the state of the seismic fortification capability of rural buildings in some provinces, this paper points out the weak links of the seismic capability and the damage patterns of the rural buildings in China. In addition, the validity and the need of the seismic fortification are expounded in view of engineering disaster prevention. The problem of seismic fortification capability of the rural buildings and the gaps between the actuality and the objective are also discussed. Furthermore, this paper points out that seismic fortification is the fundamental solution to mitigate the seismic disaster.

Key words Jiujiang earthquake; seismic damage characteristic; rural buildings; seismic fortification

2005年 11月 26日北京时间 8点 49分, 江西省九江 瑞昌之间发生了 5.7级地震, 震中位于九江县新塘乡四华村李家铺(北纬 29.7, 东经 115.7), 地震持续时间约为 6s左右, 震源深度在 10km左右, 属浅源地震。由于地震发生在人口稠密地区, 地震区的砌体结构房屋较多, 并且这些结构的抗震性能较差, 因此, 对江西省瑞昌市、九江县和湖北省的一些城市和农村的建筑和构筑物等造成了很大程度的破坏。九江地震震害再一次暴露出我国村镇房屋抗震能力的脆弱。

1 九江地震震害概况

根据九江市政府的统计, 地震中总共死亡人数为 17人(其中江西省 15人、湖北省 2人), 重伤 37人。倒

收稿日期: 2007-04-16 修订日期: 2007-08-23

基金项目: 建设部国家行业标准 村镇建筑抗震技术规程 制定项目(建标 [2004] 66-20)

作者简介: 郭永恒(1978-), 男, 硕士研究生, 主要从事工程抗震与结构减震控制研究. E-mail: zhydx@163.com

塌房屋近万间,水电、交通、通信等设施在本次地震中也不同程度受损,仅江西省内直接经济损失达 17.8796 亿元(因此次地震而引起直接经济损失总计 20.37 亿元^[1]),占全年地震灾害总经济损失的 68%,其震害详细情况如表 1 所示。此次地震是 2005 年我国大陆地震灾害最为严重的一次。从地震专家对当时九江 瑞昌震区房屋破坏情况的排查结果(如表 2 所示)可以看出,存在严重安全隐患的建筑将近三成,而具有可靠安全度的房屋仅一成多一点。

表 1 九江地震灾害情况统计

Table 1 Statistics of seismic damage in Jiujiang earthquake

省份	地区	死(伤)人数/人	倒塌房屋/间	损坏房屋/间	备注
江西省	瑞昌市	6(307)	1 000 余(334 户)	严重损坏房 9 500(3 350 户) 受损房屋 10 万(33 970 户)	重伤 4 人
	九江县	9(247)	8 000 余	57 000 余	重伤 29 人
	永修县			损坏民房 131(46 户)	
	庐山区	(4)	(10 户)	439	
	武宁县		22(9 户)	1 867	
	彭泽县		倒房 120(32 户)	损房 361	
湖北省		2(33)	倒房 205	损房 905	重伤 4 人

表 2 九江 瑞昌震区房屋破坏情况分类统计

Table 2 Classified statistics of buildings damage in Jiujiang earthquake

调查点	总共排查户数/户	严重损坏不能居住户数(百分比)	待加固后方可居住户数(百分比)	可边修边住户数(百分比)	安全建筑户数(百分比)
瑞昌市市区	31 255	6 939 (22.2%)	9 271 (29.6%)	10 687 (34.2%)	4 358 (13.9%)
瑞昌市农村	21 554	6 548 (30.38%)	5 667 (26.29%)	6 197 (28.75%)	3 142 (14.58%)
九江县农村	76 411	23 740 (31.07%)	21 380 (27.98%)	21 118 (27.64%)	10 183 (13.33%)

2 九江地震震害分析

2.1 地震区房屋破坏的形式与特征

翻开近年来历次地震震害调查的资料,都不难发现历次地震中房屋的破坏特征都存在着大体相似的现象和规律,从本次地震区房屋破坏的形式与特征来看,也同样都是地震灾害中较为常见的形式,并未出现特殊的地震震害异常现象,主要表现为:

(1) 砌体结构墙体、框架结构填充墙开裂,裂缝主要形式为 X 形、八字形、水平向裂缝及竖向裂缝,尤其是在房屋的楼梯间、屋面局部突出部位、房屋转角部位等表现较为明显。图 1 至图 4 给出了该次地震与历史地震中相应震害形式的比较。

(2) 由于砌体结构强度、砌筑质量、纵横墙交接处咬槎不足等原因,造成房屋转角处沿竖向开裂分离、外纵墙外闪倒塌等现象。图 5 至图 6 为该次地震与 1976 年唐山地震中房屋外纵墙外闪倒塌的现象。



图 1 瑞昌市一中学生宿舍楼窗肚墙出现 X 裂缝(葛学礼)

Fig 1 X crack formed on a spandrel of students dormitory building of the First Middle School, Ruichang City



图 2 1976年唐山地震中建筑陶瓷厂办公楼窗肚墙出现 塑性铰 [2]

Fig 2 Plastic hinge formed on a spandrel of office building of a constructional ceramics factory in 1976 Tangshan earthquake



图 3 九江地震中民宅产生斜裂缝和 X 形裂缝

Fig 3 Diagonal and X cracks formed on brick wall of a private home in Jiujiang earthquake



图 4 2003年云南大姚地震中砖墙房屋墙体严重开裂(葛学礼)

Fig 4 A badly cracked wall of a brick house in 2003 Dayao Yunnan earthquake



图 5 港口街镇洗心桥村一民宅 2层外纵墙外闪倒塌

Fig 5 Outward collapse of longitudinal periphery wall of a 2-storey private home in Xixinqiao Village Gangkoujie Town



图 6 1976年唐山地震中铁路楼南侧纵墙开厢^[2]

Fig 6 Collapsed south longitudinal wall of a railway station building in 1976 Tangshan earthquake

(3)因结构刚度与质量分布不均、结构局部突出等原因造成房屋出现局部倒塌。图 7为该次地震中房屋 2层木屋架屋顶倒塌,图 8为房屋 2层楼梯间发生倒塌的现象。



图 7 房屋 2层木屋架屋顶倒塌

Fig 7 Collapsed woodwork roof of a 2 story house



图 8 房屋 2层楼梯间倒塌

Fig 8 Collapsed second floor stairwell of a farmer house

(4)地震区空斗墙房屋较为普遍,这也是该次地震中房屋震害的一个较为显著的特点。空斗墙房屋在我国华东和中南地区的农村和乡镇建筑中有着较为广泛的应用,由于这些地区大多属地震少发区,因此有关空斗墙房屋的历史震害实例很少,相关的科学研究也极少,并且目前我国各种版本的建筑抗震设计规范也均未将空斗墙房屋列入其中,所以,本次地震中空斗墙房屋的抗震性能引起人们更多的关注与重视。

(5)瑞昌市 20世纪 90年代中后期的新建工程在这次地震中大多数破坏轻微,凡是按国家抗震规范设防要求进行正规设计和建造的房屋,均经受住了该次地震的考验。

2.2 震害原因分析

痛定思痛,总结震害的原因不难发现:

(1)这是一次出人意料的地震,因为其发生在华北地震块体到华南地震块体的过渡带上,而通常根据一般常识认为过渡带上不会发生地震,并且在历史上,江西省及其周边地区历史地震频率低、震级小,不属于地震多发区域。因此,广大群众对地震灾害及其防御基本知识的了解程度和警惕意识普遍淡薄。地震发生时一些民众慌忙逃生,没有注意躲避塌落的墙体砖块,是造成此次地震人员伤亡的主要原因。

(2)震中处于瑞昌市城区边缘,老城区及城乡结合部位的房屋大多是老旧建筑,普遍缺乏抗震能力,地震对城区房屋造成巨大破坏。

(3)地震区房屋抗震设防标准普遍较低,农村房屋普遍不设防,当地传统民居为空斗墙房屋,墙体经不起地震水平向的作用,而且许多房屋的砌筑质量差,砌筑墙体的砂浆中水泥含量很少,甚至只用泥浆加石灰砌筑,强度低,粘结力差,绝大部分严重破坏的民房都是用不合格的砂浆砌筑的。震区房屋大多为 2~3层开间大、墙体薄、空斗墙的大头房,2层以上往往超出底层 1m 多,造成房屋头重脚轻,此类结构房屋极不利于抗震。

(4)震区人口稠密,房屋建筑比较集中,户均建筑面积大,与人口密度低的地区相比,相同震级或灾区面积下破坏建筑面积大,损失重。

3 我国村镇房屋抗震能力现状

3.1 近年来村镇房屋地震灾害状况

据统计,1996-2005年的 10a间,我国大陆发生 5级以上地震近 250余次,其中成灾地震 123次。图 9给出了 1996-2005年的 10a间我国大陆成灾地震的地理分布统计情况,从中可以看出,我国近年来绝大多数致灾地震发生在中西部经济不发达地区,如云南、新疆、四川、西藏及甘肃等地,且主要发生在农村和乡镇地区。特别是 2003年,全年我国大陆发生的 21次成灾地震,其震中均发生在村镇地区。由于农村房屋普遍未进行抗震设防或设防不足,抗震能力较低,与城镇相比相当脆弱,地震易损性高,农村地区地震灾害损失严重,往往 6~7度地震就会造成相当数量的房屋严重破坏或倒塌。表 3给出了我国近年来部分地震中村镇房屋破坏状况,从中可以看出:房屋破坏是村镇地区地震灾害损失中最主要的因素,因房屋倒塌破坏造成的经济损失平均占地震灾害总经济损失的 70%以上。

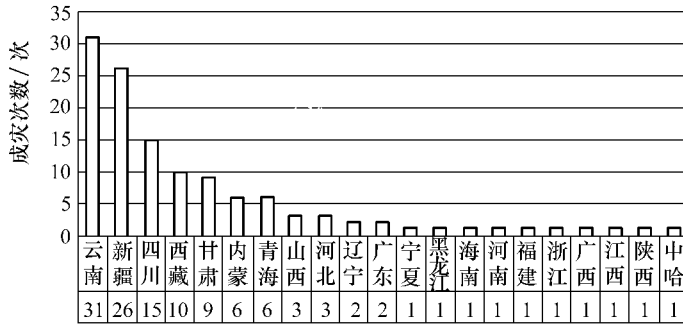


图 9 1996-2005年我国大陆成灾地震地理分布统计

Fig 9 Statistics of geographic distribution of disaster-formative earthquakes in mainland of China from 1996 through 2005

表 3 近年来部分地震中村镇房屋破坏状况

Table 3 Damage situation of rural buildings in some earthquakes occurring in recent years

时间	地点	震级 M_s	房屋破坏数量	房屋破坏损失 亿元	总经济损失 亿元	房屋损失百分比 %
1996-02-03	云南丽江	7.0	2108万 m^2	23.53	30.49	77.17
1996-05-03	内蒙古包头	6.4	253.5万 m^2	18.64	26.82	69.5
1997-01-21	新疆伽师	6.4	93万 m^2	3.337	3.74	89.2
1997-04-06至 1997-04-16	新疆伽师	6.3 6.6	146989间	4.47	4.61	96.9
1998-01-10	河北张北	6.2	106439间倒塌 363969间受损	6.26	8.36	74.9
1998-11-19	云南宁蒗	6.2	37万 m^2	2.53	4.03	62.8
1999-11-01	山西大同 阳高	5.6	65768间破坏, 13235间需重建	1.15	1.4	81.8
2000-01-15	云南姚安	5.9	429万 m^2	8.12	10.66	76.2
2003-02-24	新疆巴楚 伽师	6.8	7.8万余间倒塌	11.94	12.86	92.85

3.2 村镇房屋抗震现状调查

自 20 世纪 90 年代后期以来,我国农村地区迎来一个建设的高峰时期,但就其结构形式而言仍以砖木和砖混结构为主,并且 90 年代以前建造的房屋在数量上仍占有主要比重。据不完全统计^[3],截至到 2000 年,我国村镇居民中约有 35% 在近 20a 中没有建设新的住宅,砖木和混合结构的房屋占实有住房的 87.39%,土草房等不良建筑在全国村镇住宅中还占有 12.6% 的比例。为切实了解农村房屋的抗震现状,提出具有强针对性和可实施性的防震减灾的措施及建议,近年来,众多学者为此开展坚持不懈地努力。

1999 年,汤熔,孙国裕对江苏省盱眙县鲍集乡 274 户农民房屋基本情况展开调查^[4],并根据其抗震现状将其划归 3 类:具备一定抗震能力和基本完好的为一类;墙体有明显裂缝,但裂缝较短,一般在 1~3m,数量在 2~4 条,主要裂缝不在承重部位的为二类;裂缝较多且较宽,承重部位开裂严重,以及遭受 7 度地震能造成严重破坏或倒塌的为三类。其调查结果如表 4 所示,从中可以明显看出农村房屋质量较差,墙体裂缝较多,基本不具备抗震设防能力。

表 4 集镇、农村各类住房所占比例

Table 4 Proportion of the different sort of buildings in village and small town

	一类	二类	三类
集镇	28.3	71.7	
农村	23.2	34.8	42

2001年,郭容,杨正湘,汪成等对湖南常德市太阳山东西两侧农村和集镇 515 栋房屋的抗震性能展开调查^[5],从房屋建造年代(表 5)和结构类型的统计(表 6)数据可以看出:该地区 60%的房屋已经服役在 20a 以上,房屋结构类型以砖木结构为主,并且大都存在房屋结构不合理、建材质量差、施工质量不高、房屋维修不及时等诸多对抗震不利的因素。

表 5 两地房屋建筑年代统计

Table 5 Statistics of buildings age

年代(20世纪)	30	40	50	60	70	80	90	合计
大龙站镇	0	0	2	3	37	73	113	228
周家坪村	4	0	3	12	43	156	69	287
合计	4	0	5	15	80	229	182	515

表 6 两地房屋结构类型统计

Table 6 Statistics of structure types of building

结构类型	土石墙结构	木结构	砖木结构	砖混结构	钢筋混凝土结构	合计
大龙站镇	0	6(21)	46(255)	158(1731)	18(180)	228(2187)
周家坪村	14(49)	8(26)	239(953)	25(129)	1(6)	287(1163)

2004年,吴慧娟,曲琦,葛学礼,马东辉等对 2003 年 2 月 24 日新疆巴楚 6.8 级地震、2003 年 7 月 21 日云南大姚 6.2 级地震震后重建工作以及新疆、云南、甘肃、内蒙古、河北、江苏等省区的村镇抗震工作进行了书面调研,并组织了由中国建筑科学研究院工程抗震研究所、北京工业大学抗震减灾研究所有关专家参加的调研小组,赴河北省张北县大河乡乱石山村、单晶乡小水泉村、海流图乡(1998 年 1 月 10 日发生 6.2 级地震、1999 年 3 月 11 日发生 5.6 级余震)、内蒙古自治区锡林郭勒盟西乌珠穆沁旗高日罕牧场和东乌珠穆沁旗牧民散居点(2004 年 3 月 24 日发生 5.9 级地震)进行调研。调研结果^[6]指出:近年来,我国致灾地震多发生在中西部农村地区,农村地区地震灾害损失严重,农村房屋普遍未进行抗震设防或设防不足,抗震能力较低,与城镇相比相当脆弱,地震易损性高,农村地区抗震能力建设受经济发展水平制约大,投入不足,农村建设缺乏统一的规划管理,村镇基本没有抗震能力建设的管理制度和措施,现有村镇房屋抗震技术标准的系统性、针对性和可操作性还有欠缺。

2004年,李慧峰,林守领等通过问卷、选择性走访及对有关单位问讯的形式,对宁波地区村镇自建住宅抗震防灾状况开展调查,结果表明^[7]:宁波市农民住房条件在近 20a 来发生了较大变化(其主要结构形式及构造状况分别如表 7 和表 8 所示),但农民住房在建造过程中存在的共性问题:过多重视房屋的外观装璜、美观气派但忽略合理的结构形式及抗震性能;村庄建设无规划、房屋建造无设计、建材质量及施工质量难保证等现象普遍存在。

表 7 房屋结构类型调查

Table 7 Investigation on structure types of building

建造年代(20世纪)	砖木结构比例	砖混 2层比例	砖混 3层及以上比例
70年代及以前	85	15	无
80年代	5	90	5
90年代以后		75	25

表 8 墙体结构及圈梁设置调查

Table 8 Investigation on wall body structures and circle beams

%

建造年代 (20世纪)	底层墙体结构		二层及以上墙体结构		圈梁状况	
	比 例		比 例		比 例	
	空斗墙	实心墙	空斗墙	实心墙	无	有
70年代及以前	85	15	95	5	95	5
80年代	60	40	90	10	80	20
90年代以后	30	70	75	25	15	85

2005年,笔者对广东省7度及以上抗震设防地区90多个村庄房屋抗震现状进行了调查,从房屋结构类型、结构构造、施工技术、建造年代等几个方面总结分析了当前村镇房屋的抗震状况。从图10可以明显看出,目前广东省村镇房屋主要为土木结构、砖木结构、砖混结构、钢筋混凝土结构和石砌体结构等5种常见的结构类型,其中土木结构、砖木结构房屋仍然占有相当大的比例。由于粤南、粤北地区经济发展水平因素,农村房屋结构类型比例差距较大,粤北地区村镇房屋土木、砖木结构所占比例更大一些,而在粤南经济较为发达地区的一些农村几乎看不到土木结构房屋。但是,在新建房屋中能够符合建筑抗震设计要求的就相当少,特别是多层楼房,农民们不惜重金在它外面镶贴华丽的瓷砖,却很少有人考虑建筑结构的抗震性能和构造。

此外,从房屋建造的年代结构图(图11)可以看出,自20世纪90年代以后,农村建房数量迅速增长,如果不能在这个建房的高峰期把好质量关,这样必将为工程抗震设防埋下诸多隐患。

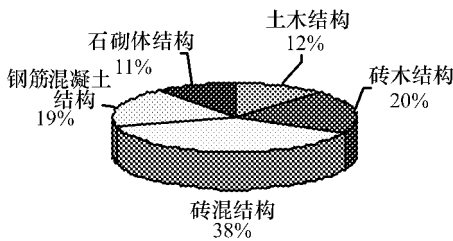


图 10 广东省村镇房屋结构类型构成比例

Fig. 10 Proportion of different structure types of building in rural area of Guangdong Province

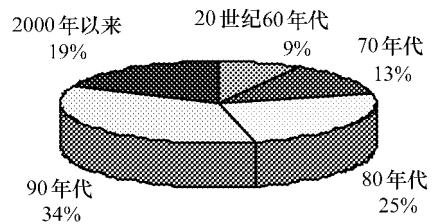


图 11 广东省村镇房屋建造年代结构图

Fig. 11 Proportion of different age of rural buildings in Guangdong Province

2005年,葛学礼对新疆、云南等地农村住宅结构质量现状开展调查的结果表明^[8]:新疆乡镇民居大多为单层砖房,临街有少量2层砖房。最常遭遇的自然灾害是地震,遭遇地震的房屋破坏形态多为外纵墙外闪倒塌、屋顶外墙角开裂或塌落、墙体斜裂缝或)裂缝。破坏原因主要是非正规设计,砌筑砂浆强度低(采用粉砂土加水泥搅拌,水泥含量低,用手捻即碎),纵横墙交接处无拉接措施,无圈梁构造柱,房屋整体性差等。

云南省近年来地震灾害较为频繁,地震灾区多为少数民族居住的贫困山区,受当地经济条件的限制,大部分房屋不同程度地存在结构类型不利于抗震、材料强度低、抗震构造措施不完善、施工质量差等问题,导致地震中房屋大量破坏^[9]。

综上所述,就整体而言,我国目前村镇房屋普遍具有的特点为:基本上是农民自筹自建,由当地的建筑工匠根据房主的经济状况和要求,按照当地的传统和风俗习惯建造,结构形式简单,建筑格调大致相似,因地制宜,就地取材,造价低廉,缺乏建设整体规划,未经过正规设计,无抗震设防意识。从而造成房屋材料强度低、结构整体性差、房屋抗震薄弱环节多、缺乏施工管理、传统施工方法不合理因素较多、房屋抗震能力普遍较低的现状。

4 结语

自20世纪90年代以来,我国地震活动在经历了10a平静期之后又进入了第5个活跃期,地震活动频率明显增长,地震震害日趋加重。与此同时,随着现代经济的快速发展、城镇化建设进程的加快,局部区域人口

密度和社会财富日益集中,地震灾害及其诱发致灾因子的外延不断扩展,所造成的损失将更加严重,区域防震减灾能力面临巨大压力,防震减灾事业面临的形势更加复杂严峻。村镇(村庄与集镇)房屋的抗震设防建设关系到我国9亿农民生命与财产的安全,而严重的地震灾害又是中国经济和社会发展中不可回避的客观现实。要构建和谐社会,实现全面小康,就必须把防震减灾作为国家公共安全的重要内容。九江地震的教训使我们再一次清醒地认识到:

(1)地震的发生难以避免,但是否进行过抗震设防,其灾害的后果及损失将大不相同,加强抗震设防建设是减轻地震灾害的根本途径。

(2)地震作用对房屋的破坏是有规律可循的,并且是能够为人们所掌握的,自唐山大地震以来,我国总结有丰富的工程抗震经验,我国建筑抗震设计规范有关建筑抗震构造措施的研究及规定也是国际上公认的最为详细和最为先进的抗震设计规范之一,并且实践经验表明:按照规范的要求正常设计、正常施工、正常维护,很多不必要的损失是可以避免的。

(3)我国村镇房屋普遍无抗震设防或抗震设防水平很低的现状令人担忧:即使是在能够得到准确地震预报的情况下,人可以撤离避灾,而房屋却难以避免遭受严重的破坏,其直接经济损失与家园的重建都将付出沉重的代价,从工程抗震的角度出发,提高房屋自身的耐震能力是降低震害损失的最有力措施。

致谢:感谢九江市人民政府对现场震害调查提供的支持与帮助,感谢中国建筑科学研究院葛学礼研究员、中国地震局工程力学研究所孙柏涛研究员在现场震害调查过程中给予的指导和帮助。

参考文献:

- [1] 中国地震局震灾应急救援司. 2005年中国大陆地震灾害损失述评 [EB/OL]. <http://www.csi.ac.cn/hzc/zhuanj/06011000001zhss.htm>
- [2] 杨文忠. 唐山大地震与建筑抗震 [M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2003.
- [3] 陈佳骆. 中国村镇住宅现状之调查 [J]. 中外房地产导报, 2001, (4): 14-18.
- [4] 汤熔, 孙国裕. 鲍集乡房屋基本情况调查 [J]. 地震学刊, 1999, (2): 56-61.
- [5] 郭容, 杨正湘, 汪成. 常德市太阳山周围村镇建筑抗震性能调查 [J]. 华南地震, 2001, 21(4): 58-63.
- [6] 吴慧娟, 曲琦, 葛学礼, 等. 地震高发地区农村抗震能力建设与震后重建 [J]. 工程抗震与加固改造, 2004, (5): 1-5.
- [7] 李慧峰, 林守领. 宁波市村镇自建住宅抗震设防对策的研究 [J]. 华南地震, 2004, 24(3): 91-95.
- [8] 葛学礼. 农村住宅结构质量现状调查之新疆 [J]. 工程质量, 2005, (8): 16-17.
- [9] 葛学礼. 农村住宅结构质量现状调查之云南 [J]. 工程质量, 2005, (9): 26-29.