

2013年岷县漳县6.6级地震灾害损失评估

石玉成¹, 高晓明¹, 谭明², 卢育霞³, 马占虎¹, 陈文凯¹

(1. 甘肃省地震局, 甘肃 兰州 730000; 2. 新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐 830011;
3. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要:2013年7月22日甘肃省岷县、漳县交界发生6.6级地震,造成95人死亡,2414人受伤;农村民房、生命线工程、教育和卫生系统等都遭到不同程度的破坏。本文通过震害调查给出了地震烈度图,揭示了房屋破坏特点;按照国家相关标准规定,采用大范围均匀抽样调查、单项调查等方法获得了大量基础资料;确定了不同评估区各结构类型房屋破坏比等参数,合理评估了此次地震造成的总直接经济损失和灾后恢复重建经费;提出了灾后恢复重建建议,为抗震救灾和科学重建提供了依据。

关键词:岷县漳县6.6级地震;震害调查;损失评估

中图分类号: P315.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0844(2013)04-0717-07

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2013.04.0717

Disaster Loss Assessment of the M_s6.6 Earthquake, 2013

SHI Yu-cheng¹, GAO Xiao-ming¹, TAN Ming², LU Yu-xia³, MA Zhan-hu¹, CHEN Wen-kai¹

(1. Earthquake Administration of Gansu Province, Lanzhou Gansu 730000, China;

2. Earthquake Administration of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi Xinjiang 83001, China;

3. Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou Gansu 730000, China)

Abstract: An M_s6.6 earthquake occurred on the junction of Minxian County and Zhangxian County on July 22, 2013. The earthquake has caused 95 persons dead, 2 414 persons injured, and different degrees of damage to rural buildings, lifeline engineerings, education system and health system in seismic areas. According to investigation of characteristics of earthquake damage, the seismic intensity scale was given in time. In order to determine the ratios of building damage of different structural buildings, a wide range of sample surveys, individual surveys and other methods were applied. At last, a reasonable assessment of the total direct economic losses caused by the earthquake and post-disaster reconstruction funds were provided. The recommendations proposed for disaster recovery and reconstruction could provide a scientific basis for earthquake relief and scientific reconstruction in disaster areas.

Key words: Minxian—Zhangxian M_s6.6 earthquake; earthquake damage investigation; disaster loss assessment

0 前言

2013年7月22日7时45分,甘肃省岷县、漳县交界发生6.6级地震,定西市、陇南市、甘南州、临

夏市、天水市等地有强烈震感,兰州市、白银市等部分地区有震感。本次地震灾区主要涉及甘肃定西市岷县、漳县、临洮县、渭源县、陇西县,甘南州临潭县、

卓尼县、迭部县、舟曲县,陇南市宕昌县、礼县,临夏州康乐县和天水市武山县等 13 个县区。受灾总面积约 16 432 km²,受灾人口约 230 多万人。

地震发生后,中国地震局和甘肃省地震局迅速启动地震应急 I 级响应,及时派出工作队以最快速度奔赴灾区,开展地震现场工作。现场工作队历时 6 天,总行程 10 万余公里,对灾区 13 个县(区)进行了房屋、生命线工程、企业和其他重点行业破坏调查。在 VI 度区内及相邻地区共调查了 126 个乡镇,调查点达 418 个。另外还调查了通渭、甘谷、武都、西和、康县等 VI 度区以外地区的受损情况。在两天半时间内,通过反复核实完成了此次地震烈度图的绘制工作,在时间上较以往大幅提前;同时根据国标《地震现场工作第四部分:灾害直接经济损失评估》(GB/T18208.4-2011)^[1]对本次地震灾害损失进行了计算分析,并将评估结果及时反馈各级政府,为抗震救灾及灾后重建提供了重要科学依据。

1 地震基本情况

1.1 地震基本参数

发震时刻:2013 年 07 月 22 日 07 时 45 分

微观震中:北纬 34.5°,东经 104.2°

宏观震中:岷县、漳县交界处梅川镇、禾驮乡一带

震级:Ms6.6

地点:震源深度:20 km

震中烈度:VIII 度

1.2 地震烈度图

本次地震的烈度划分依照《中国地震烈度表(GB/T17742-2008)》^[2],根据区内不同类型结构房屋和生命线工程破坏特点、地形地貌条件、强震动记录、地面和山体破坏情况及人体感觉强弱等,通过大范围详细调查,给出烈度分布图(图 1)。其中,极震区烈度为 VIII 度,VI 度区及以上总面积为 16 432 km²,等震线长轴呈 NW 走向分布。

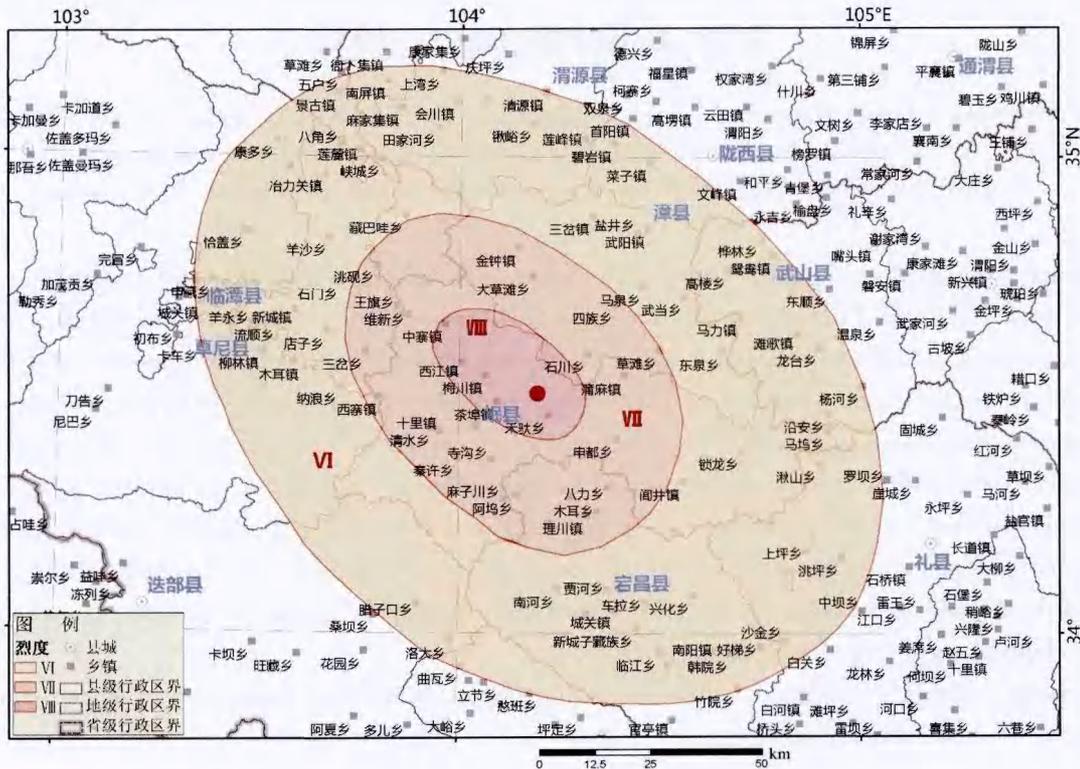


图 1 甘肃岷县漳县 6.6 级地震烈度图

Fig. 1 Seismic intensity scale of the Minxian-Zhangxian Ms6.6 earthquake in Gansu province

VIII 度区西北自岷县中寨镇,东南至岷县禾驮乡东南,东北自岷县禾驮乡东北,西南至岷县禾驮乡西南,长轴为 40 km,短轴为 2 1km,面积 706 km²。

VII 度区西北自卓尼县洮砚乡,东南至宕昌县木

耳乡,东北自漳县金钟镇,西南至岷县麻子川乡,长轴为 87 km,短轴为 59 km,面积 3 640 km²。

VI 度区西北自卓尼县康多乡,东南至礼县沙金乡,东北自陇西县菜子镇,西南至迭部县洛大乡,长

轴为 161 km,短轴为 127 km,面积 12 086 km²。

1.3 强震动记录

甘肃强震动台网共 63 个台站成功获取了此次

地震记录(表 1),其中获取记录最近的强震台为岷县台,震中距 18 km,记录到的水平向加速度峰值为 177.5 gal(图 2)。

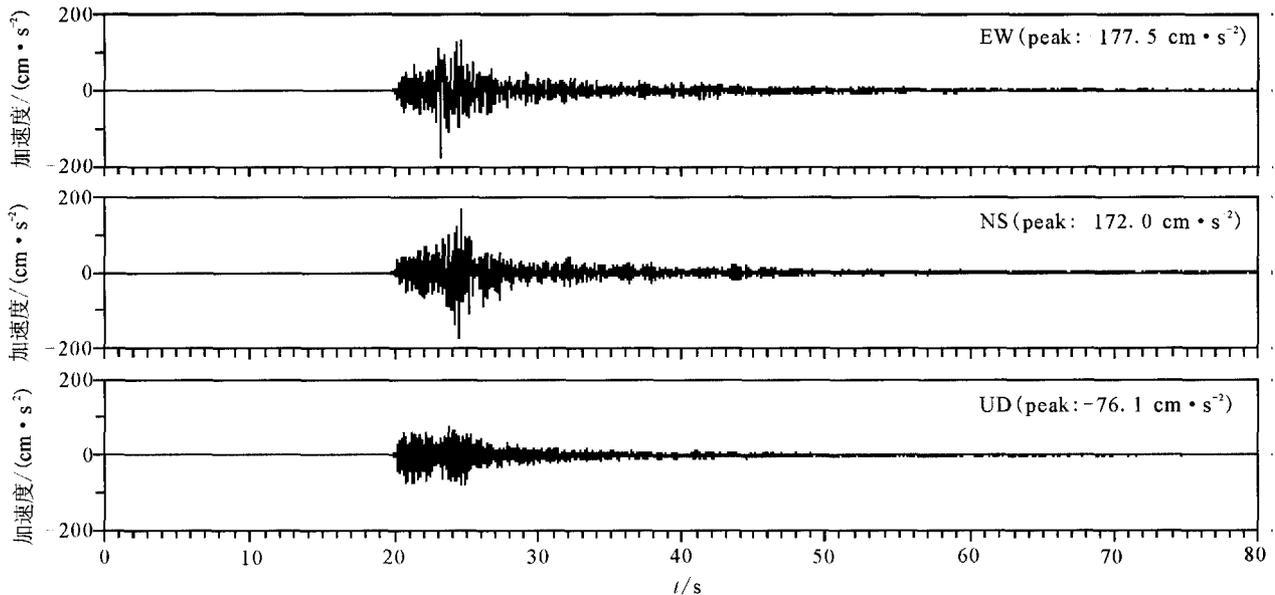


图 2 岷县强震动台地震加速度记录(注:强震动记录由甘肃省地震局监测中心强震组提供)

Fig. 2 Earthquake acceleration records of the strong motion stations in Minxian county (Fix: strong motion records are provided by the strong motion group of monitoring center, Earthquake Administration of Gansu Province)

表 1 部分台站强震动记录峰值加速度

Table 1 Peak accelerations of the strong motions recorded by some stations

序号	台站名	震中距/km	东西/gal	南北/gal	垂直/gal
1	岷县	18	177.5	172.0	76.1
2	舟曲	79	14.1	15.7	11.8
3	天水	156	29.0	37.2	21.2
4	宕昌	53	70.5	73.1	49.7
5	冶力关	71	35.8	29.4	13.6
6	迭部	102	14.1	13.5	11.1
7	武都	147	28.7	16.3	0.5
8	山场村	135	48.6	47.0	19.2
9	暖湾村	186	25.9	31.0	18.4
10	武山台	80	24.3	23.5	20.4
11	腊子口	48	58.8	60.8	45.1

1.4 灾区构造背景和地形地貌特点

本次 6.6 级地震震区位于南北地震带北端的甘东南地区,是中强震的多发区。地震发生在西秦岭断裂带南侧的临潭—宕昌断裂的岷县段,该断裂西起合作市以西,向东南经临潭北、岷县延伸至宕昌以南,长约 250 km。由数条规模不等、相互平行或斜列的次级断裂组合而成。历史上该断裂西中段曾发生过 1837 年临潭东 6.0 级地震、1573 年岷县 6³/₄ 级地震,并于 2003 年发生过岷县 5.2 级和 2004 年岷县—卓尼 5.0 级地震等。现今 5 级以下中小地震则

主要发生在中西段及其附近,地震活动在空间上与该断裂晚第四纪以来的强活动段相一致。

本次地震重灾区所在的定西市岷县、漳县以及邻近的陇南、甘南、天水 and 临夏等市(州)的部分县(区),处在青藏高原东缘的西秦岭山区,在地貌上位于中国大陆二级地貌阶梯向三级阶梯的过渡地带,属于秦巴山区、青藏高原和黄土高原三大地形交汇的区域。根据其地形地貌特征的差异,可细分为陇南山地、甘南高原和陇中黄土高原等。其中陇南山地和甘南高原主要为秦岭山脉的西延部分,地势东低西高,海拔从东部的 1 500 m 上升到西部的 4 500 m 以上。西秦岭和岷山两大山系分别从东西两个方向伸入境内,形成了崇山峻岭与峡谷盆地相间的复杂地形,造成境内地质灾害分布广、频率高、危害重等特点。震区北部的陇中黄土高原地区,平均海拔 2 000 m 左右,由于近代水系的强烈侵蚀和切割,已形成沟壑纵横、岗峦起伏、地形破碎的黄土丘陵,形态上呈梁峁状景观,以中晚更新世风积黄土广覆为主要特点,厚度一般为 10~30 m。由于黄土特有的岩土特性,受地下水的作用及地表水的冲刷影响,沟谷上游滑坡、崩塌等地质灾害极为频繁,极易造成严重的地震次生灾害。

2 房屋破坏特点及原因分析

灾区建筑物的结构类型主要可分为土木结构、砖木结构、砖混结构及框架结构。本次地震倒塌房屋以土木结构和老旧砖木结构类型房屋为主。

岷县城区震害较轻,少量房屋出现轻微裂缝。梅川镇、禾驮乡位于山上的房屋震害严重,土墙承重木顶及土墙局部木架承重木顶农房大部分倒塌或局部倒塌,其主要原因是:(1)土墙为干打垒墙或用泥浆砌筑的土坯墙,强度很低;(2)屋面檩条与墙顶连接为简单搁置,无拉结措施,土墙交接处连接较差,在强震作用下山墙易外闪;(3)木屋顶上铺设较厚的泥土与草混合面层,造成屋顶偏重。

木骨架土墙农房多数为山墙倒塌,少部分为多面土墙倒塌,少量发生严重倾斜,但木骨架基本不倒。其主要原因是:(1)土墙与木骨架之间无拉结,外墙易外闪;(2)木屋顶上铺设的材料偏重(如混凝土、泥土等)。

砖墙承重木屋顶农房只要抗震构造措施到位,在地震作用下的表现良好,其结构基本完好。砖墙局部木架承重木顶的单层农房基本完好,仅房屋两侧前端墙与木柱间出现裂缝;砖墙承重木顶的单层农房,设有圈梁但未设构造柱,墙体发生严重破坏,裂缝较宽。

砖混结构建筑物主要集中在乡镇政府所在地,特别是2004年以后建造的砖混结构房屋按照当地基本设防烈度抗震设防,经过正规的设计和施工,在本次地震中表现出良好的抗震性能,未见明显破坏。少数老旧砖混结构房屋建于上个世纪90年代,在此次地震中出现中等以上的破坏。

框架结构主要是县、乡(镇)政府办公楼、学校和卫生院等公用建筑,大多基本完好,仅在填充墙顶部与梁底部出现水平裂缝,框架主体结构未发现裂缝。

另外房屋地基基础处理不善,震时产生不均匀沉降,部分建筑物位于滑坡体上以及地质次生灾害等,均是重要的致灾因素。

3 灾害损失评估方法及结果

3.1 人员伤亡及失去住所人数

本次地震造成的人员伤亡主要是由于房屋倒塌和滑坡所致。实际统计结果表明地震共造成95人死亡,2414人受伤(表2)。

失去住所人数按下式估计:

$$T = \frac{c+d+e/2}{a} \times b - f \quad (1)$$

其中: a 为调查中得到的户均住宅建筑面积; b 为调查中得到的户均人口; c 为调查中得到的所有住宅房屋的毁坏建筑面积; d 为调查中得到的所有住宅房屋的严重破坏建筑面积; e 为调查中得到的所有住宅房屋的中等破坏建筑面积; f 为调查中得到的死亡人数。

表2 岷县漳县6.6级地震人员伤亡统计表

Table 2 Statistics of casualties caused by the Minxian—Zhangxian $M_s 6.6$ earthquake

行政区		伤亡人数/人	
市、县		死亡	受伤
定西市	岷县	92	1 958
	漳县	1	312
陇南市	宕昌	1	87
	礼县	1	34
甘南州			23

计算得到因居住房屋毁坏和较大程度的破坏失去住所人数为314 120人,78 530户。

3.2 经济损失评估方法

房屋建筑破坏造成的经济损失为灾区各类结构、各种破坏等级造成的损失之和。按下列公式计算各评估子区各类房屋在某种破坏等级下的损失 L_h :

$$L_h = S_h \times R_h \times D_h \times P_h \quad (2)$$

其中: S_h 为该评估子区同类房屋总建筑面积; R_h 为该评估子区同类房屋某种破坏等级的破坏比; D_h 为该评估子区同类房屋某种破坏等级的损失比; P_h 为该评估子区同类房屋重置单价。

将所有破坏等级的房屋损失相加,得到该评估子区该类房屋破坏的损失;将所有房屋类型的损失相加,得到该评估子区房屋损失;将所有评估子区的房屋损失相加,得出整个灾区的房屋损失。

按《地震现场工作第3部分:调查规范》(GB18208.3-2011),将建筑物破坏分为毁坏、严重破坏、中等破坏、轻微破坏、基本完好5个破坏等级。

3.3 房屋建筑破坏比

震害调查采用大范围均匀抽样方法进行房屋破坏程度的调查,抽样点基本均匀分布在灾区范围内。根据灾区居民点分布情况,对民居以自然村为统计单元进行抽样调查;对学校、医院、公房在政府提供相关数据的基础上,根据抽样调查的结果分系统进行评估;对生命线工程及重要设施、工矿企业等在提供的灾害数据基础上进行核实确定。本次调查点达418个,分为3个评估区,评估区1、评估区2、评估区3的范围与图1中Ⅷ、Ⅶ、Ⅵ度的分布范围基本一

致;评估区1内取13个抽样点;评估区2内取抽样点数37个;评估区3内取抽样点数47个。经详细调查统计分析,评估区各类房屋破坏比见表3。极灾区梅川镇永光村、文斗村、拉路村、永星村、车路村和茶埠镇的茶埠村土木结构房屋破坏比较重,倒塌和严重破坏率超过90%。

表3 评估区各结构类型房屋破坏比汇总(%)

Table 3 Statistics of the break ratios of different structural buildings in assessment areas(%)

评估区	毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好	
评估区1	土木	35.5	39.7	16.4	5.7	2.7
	砖木	14.2	23.9	28.1	25.9	7.9
	砖混	2.2	4.8	11.6	36.4	45.0
评估区2	土木	14.0	21.3	25.5	23.6	15.6
	砖木	2.9	7.7	18.9	41.8	28.7
	砖混	1.2	5.1	14.2	27.7	51.8
评估区3	土木	3.3	6.0	10.5	19.4	60.8
	砖木	0.6	1.2	5.3	23.9	69.0
	砖混	0.0	0.0	0.7	3.7	95.6

3.4 房屋单价和建筑物破坏损失比

根据当地调查和建设管理部门提供的资料,评估区各类建筑物造价见表4。按照《地震灾害损失评估工作规定》,各评估区建筑物破坏损失比见表5。

表4 建筑物造价

Table 4 Building costs

结构类别	造价(元/m ²)
土木	800
砖木	1 200
砖混	2 200
框架	2 800

表5 建筑物破坏损失比(%)

Table 5 Loss ratios of building damage (%)

结构类别	毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好
土木、砖木、砖混、框架	100	70	25	5	0

3.5 经济损失评估结果

3.5.1 居住房屋震害直接经济损失

在计算评估区内不同用途和结构类型房屋总面积中,灾区住宅房屋总面积根据政府提供的数据库确定。本文中的“其他公共房屋建筑”主要指基层政权组织办公用房,不含其他行业(交通、水利、电力、农业等)房屋建筑面积。灾区内仅岷县县城少量框架结构房屋产生轻微破坏,框架结构房屋面积不予列出,单独进行评估。利用评估区各类结构房屋破坏比计算可得到各评估区相应的行政单元内的破坏面积,通过式(2)可得到评估区居住房屋的直接经济损失为890 836万元。

3.5.2 教育、卫生、公房类房屋直接经济损失

依据规范,教育、卫生系统和其它公用建筑物需要单列。根据调查统计建筑物的破坏面积,通过式(2)计算得到教育系统房屋经济损失为46 566万元,卫生系统房屋经济损失5 756万元,其他公房经济损失172 69万元,合计69 591万元。

3.5.3 室内、室外财产损失

室内财产包括居住房屋内的家电和家具(洗衣机、电冰箱、电脑、电视机、摄像机、照相机等)以及公房内的办公设施。地震造成灾区部分乡镇民房破坏严重,由于毁坏、严重破坏和中等破坏造成一定的室内财产损失。地震造成的室内财产损失经抽样调查后作专项评估,共计26 220万元。

室外财产损失包括农田、农作物、牲畜、棚圈、围墙、蓄水池、沼气池、车辆(包括摩托、助力车等农用车)等。本次地震造成灾区部分墙体倒塌砸死牛、马、猪、羊等牲畜和家禽,围墙倒塌,农田、沼气池、农用车等受到了一定损失。地震造成的室外财产损失经抽样调查后作专项评估为34 965万元。

3.5.4 教育系统和卫生系统的设备损失

在上报灾损资料的基础上经抽样核查计算,教育系统设备损失为38 848万元,卫生系统设备损失为31 017万元。

3.5.5 单项直接经济损失

交通系统:部分交通基础设施毁损,包括路基路面、防护构造物受损,桥涵受损,少数桥梁、渡槽产生裂缝,部分路段滑坡塌方堵塞交通。

水利系统:部分防洪河堤、农村供水设施、监测预警设施、集雨水窖、简易雨量站、蓄水池、农村饮水工程泵房损坏;少数水库坝肩出现不同程度的裂缝。

电力系统:部分线路出现跳闸,近2万用户停电;部分杆塔倾斜,线路中断,供电设施轻微受损。

通讯系统:少数机房受损,部分移动通信基站、光缆、电缆、交换机及接入设备、传输设备受到不同程度破坏。

广电系统:部分广电线缆中断,微波站受损,节目信号中断,机房墙体开裂,乡镇村文化农村文化舞台受到不同程度的破坏。

粮食系统:部分粮食仓储基础设施损坏,铁路专线及货位地基下陷。

农林牧业:部分县区的农作物受灾,塑料大棚和日光温室不同程度受损;部分鱼塘、养殖场、畜牧兽医站、农机站以及农村沼气等不同程度受损。

国土部门:地震诱发大量次生地质灾害隐患点

289处,部分防灾设施受损。

地震系统:部分台站观测室和围墙、测震山洞、形变山洞、通信电缆、道路、部分地震专用设备遭到不同程度的损坏。

工业企业:部分企业内道路、厂房及机械设备基础变形,矿井塌方堵塞,管网、锅炉及设备遭到不同程度破坏。

以上各类单项经济损失由专家进行专项调查评

估后得到其直接经济损失,总计为584 323万元。

3.5.6 VI度区外异常点损失

本次地震造成VI度区以外部分异常点的民房等财产损失,经现场调查核实直接经济损失83 000万元。

综上所述,本次地震造成总直接经济损失为175.88亿元(表6),属重大地震灾害事件。

表6 地震直接经济损失汇总表(单位:万元)

Table 6 Statistics of direct economic losses caused by the earthquake (unit: million)

居住房屋	教育系统 (包括房屋、设备)	卫生系统 (包括房屋、设备)	公共用房 (基层政权用房)	室内、室外 财产损失	生命线系统和 工业企业等	VI度区外 异常点损失	合计
890 836	85 414	36 773	17 269	61 185	584 323	83 000	1 758 800

4 震后恢复重建经费评估

依据国家标准《震后恢复重建工程资金初评估(GB/T 27933—2011)》^[3],结合当地实际情况,考虑到破坏达一定程的房屋已经没有维修价值,将其确定为危房,重建相当面积的农居安全工程房屋或城镇正规设计施工建筑物,以此为原则评价本次地震所需灾后重建总费用。

灾区涉及的13个县位于地震活动频繁地区,遭受地震的风险大,考虑到砖混结构的抗震性能,在重建时建议选择砖混结构。对于土木结构和砖木结构居住房屋,根据对毁坏房屋面积、严重破坏房屋面积和中等破坏房屋面积的一半进行叠加,计算出灾区各行政区无修复价值居住房屋面积,以每户150 m²(6间)计算恢复重建的户数,并按每户100 m²(4间)折算出重建面积,按当地政府提供的砖混结构房屋造价2 350元/m²计算重建经费。中等破坏及轻微破坏房屋的使用功能需进行维修,需要恢复的面积为中等及轻微破坏房屋总面积扣除中等破坏房屋中的重建部分,单价与评估区计算各结构类型房屋的单价相同,计算得到灾区居住房屋恢复重建经费。

教育、卫生和其他公用建筑物等遭受破坏房屋的结构形式主要为土木、砖木、砖混结构,将不具备修复价值的各结构类型公用房屋重新建成相等破坏面积的砖混结构房屋,造价与民居房屋相同。

水利、交通、电力、通讯、工业企业、农业畜牧业、教育、卫生、地震系统设备及室内外财产等以其直接经济损失的1.5倍作为恢复重建经费。

最终计算得到地震灾区恢复重建经费为335.65亿元。

5 结论和建议

本次地震震级较大,灾害波及较广;震区地处山区,地形起伏明显,山坡陡峭,黄土覆盖较厚,震前降雨导致表层土体松弛,地震引发滑坡、崩塌、液化、滚石和塌陷等次生灾害,震害叠加效应显著;农村多数房屋抗震性能较差或不设防,部分民居建在河谷陡坡或山顶,地形放大效应明显,进一步加剧了破坏程度。本次地震直接经济损失为175.88亿元,灾后恢复重建经费约需335.65亿元。

针对下一步的灾后重建工作,提出以下建议:

(1) 建议在灾后重建过程中将地震波及区划分为极重灾区(Ⅷ度区)、重灾区(Ⅶ度区)、一般灾区(Ⅵ度区)和影响区(Ⅵ度区以外的异常点)。

(2) 鉴于地震重灾区多处出现大面积山体滑坡,造成了重大人员伤亡和财产损失,灾后重建应注重由政府统一组织进行规划选址工作,新建农房应避免活断层、滑坡体和泥石流等易发生地质灾害的场地。

(3) 符合抗震构造措施的砖混结构农房在本次地震中表现良好,倒塌房屋主要是土墙承重的老旧房屋,现场对比强烈。因此建议进一步加大大地震多发区农村危旧房屋改造力度,同时使农村居民住房具备基本的抗震能力。

(4) 切实加强房屋抗震设防要求的管理,进一步加强对农村工匠及其抗震设防知识的培训。大力开展防震减灾宣传教育,引导群众自建房屋时采用经审查发布的村镇农宅抗震图集,增强其抗震防灾意识,避免人员及财产的损失。

(5) 重建中特别注意加强乡镇、农村的抗震指导,尤其对自建房屋加强监督和指导,注重结构选型和场地选址。

(6) 加强对次生地质灾害的防范工作。由于地

震在本区诱发了很多次生性灾害,将来在灾区重建,特别是房屋的建设、地基选址方面一定要考虑次生灾害的问题,避免重复受灾。

致谢:本次地震现场工作得到了中国地震局有关司室和地震系统兄弟单位以及甘肃省民政厅、科技厅、建设厅等相关部门的大力支持,特此致谢!

参考文献(References)

- [1] 袁一凡,主编. 国家标准化管理委员会国家标准统一宣贯教材《地震现场工作 第4部分 灾害直接损失评估(GB/T 18208.4-2005)》[S]. 北京:地震出版社,2007.
YUAN Yi-fan, edit. Seismic Field Work Part 4 Direct Disaster

Loss Assessment(GB/T 18208.4-2005)[S]. Beijing: Seismological Press, 2007. (in Chinese)

- [2] 中华人民共和国国家标准. 中国地震烈度表(GB/T 17742-2008)[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
National Standards of the People's Republic of China. Chinese Seismic Intensity Scale(GB/T 17742-2008)[S]. Beijing: Chinese Standard Press, 2008. (in Chinese)
- [3] 中华人民共和国国家标准. 震后恢复重建工程资金初评估(GB/T 27933-2011)[S]. 北京:中国标准出版社,2011.
National Standards of the People's Republic of China. Early Funds Assessment on Post Earthquake Reconstruction Project(GB/T 27933-2011)[S]. Beijing: Chinese Standard Press, 2011. (in Chinese)