

2002年甘肃玉门5.9级地震灾害损失评估*

马尔曼¹, 陈永明^{1, 2}, 赵广堃¹, 高晓明¹, 何文贵^{1, 2}

(1. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000;

2. 中国地震局地震预测研究所兰州科技创新基地, 甘肃 兰州 730000)

摘要 2002年12月14日甘肃玉门发生了5.9级地震, 造成了建筑物、构筑物和其他工程设施的破坏。震后开展了地震现场考察与震害评估工作, 在充分了解灾区概况和自然环境、社会经济、产业支柱、人口及建筑物现状的基础上, 将灾区划分为七个评估区, 完成了66个点的震害抽样调查工作。根据地震灾害损失现场评估系统EDLES的要求, 建立了有关数据库, 做出了比较科学切合实际的经济损失评估结果。

关键词: 震害调查; 损失评估; 玉门5.9级地震

中图分类号: P 315.9 文献标识码: A 文章编号: 1000-0844(2004)02-0162-06

0 前言

2002年12月14日, 在甘肃省玉门市(97.3°E, 39.8°N)发生了 M_s 5.9中强破坏性地震。震中位于旱峡煤矿和妖魔山一带, 震中烈度为Ⅶ度, 受灾面积8 910 km², 造成了建筑物、基础设施、生命线工程不同程度的破坏。震后兰州地震研究所立即组织现场应急工作小组赶赴灾区开展地震现场考察与震害评估工作, 震害调查与评估严格按《地震灾害损失评估规定》和《地震现场工作第三部分: 调查规范》(GB/T18208.3-2000)要求, 做出了比较科学切合实际的经济损失评估结果。

1 地震基本概况与环境

1.1 地震基本参数和地震烈度

发震时间: 2002年12月14日21时27分27.7秒; 震中位置: 东经97.3度, 北纬39.8度; 震级: M_s 5.9; 震源深度: 15 km。

本次地震宏观震中位于玉门市旱峡煤矿和妖魔山一带。经地震现场考察队考察评定, 震中烈度为Ⅶ度。极震区呈长椭圆形, 长轴走向N65°W, 长23 km, 短轴长13 km。其中Ⅶ度区面积410 km², Ⅵ度区面积2 890 km²。地震等震线见图1。

1.2 伤亡人数

本次地震因地震惊吓间接死亡2人(引发心肌梗塞死亡1人, 脑溢血死亡1人), 轻伤350人, 因恐慌地震, 露天滞留受冻患病8 200人, 死亡人口占灾区人口的0.003%, 受伤人口占灾区人口的0.53%。

1.3 震区自然环境

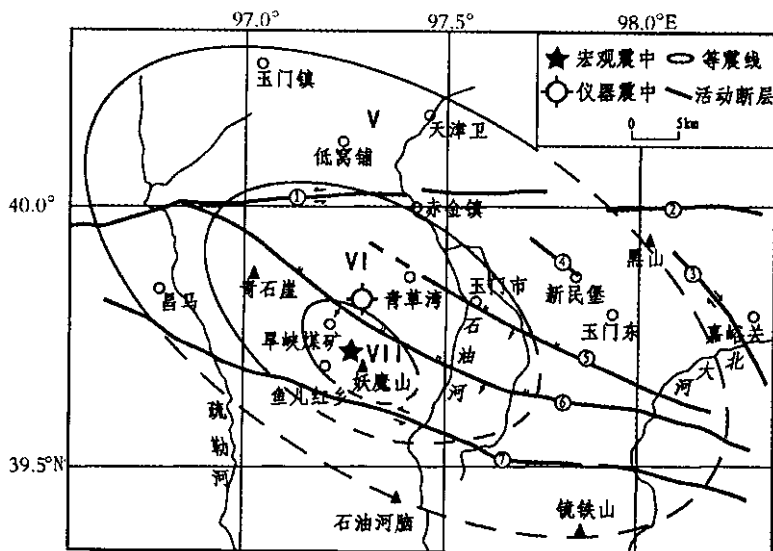
本次地震主要灾区为玉门市所辖的玉门市市区、赤金镇、玉门镇、清泉乡、昌马乡、花海乡、黄闸湾乡和玉门东镇, 地处河西走廊西端, 祁连山西段的北麓山前地带, 大致呈北西—南东走向。从地貌上看, 灾区可分祁连山地、走廊平原和马鬃山山地三部分。祁连山西段在区内称妖魔山, 山势陡峻, 一般海拔在3 000 m以上, 北部属马鬃山山地, 由海拔1 400~1 700 m的低山丘陵组成, 在南北两山之间为走廊地带, 大致南高

* 收稿日期: 2003-06-30

中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC20040046

作者简介: 马尔曼(1964-), 男(回族), 甘肃张家川人, 副研究员, 现主要从事工程地震研究工作。

北低,多为戈壁滩,在河流冲积的低平地带形成肥沃绿洲。灾区主要河流有疏勒河(昌马河)、石油河、白杨河和小昌马河,均发源于祁连山,主要灌区有赤金、花海和清泉等。



①阿尔金断裂;②金塔南山北缘断裂;③嘉峪关断裂;④新民堡断裂;
⑤玉门断裂;⑥早峡-大黄沟断裂;⑦昌马断裂

图1 玉门地震烈度分布图

Fig.1 Distribution of intensity of Yumen earthquake.

1.4 地质构造环境。

祁连山北缘断裂带是一条北西西走向的巨型活动断裂带,断裂沿祁连山北缘展布,全长近千公里。在该断裂上曾发生过180年高台7.5、1920古浪8.0级等大地震。本次地震震中破坏范围和极震区的展布均与该断裂的最西段早峡—大黄沟断裂相吻合,宏观震中位于断裂南盘,仪器震中正好在断线附近,因此,我们确定本次地震的发震构造为祁连北缘活动断裂带的早峡—大黄沟断裂。该断裂西起红柳沟与阿尔金断裂的东段相交,向东经膏山顶、积阴功台、天生圈、西沟脑、穿过石油河、北大河、红水坝河,东止佛洞庙以南。总体呈北西西向,全长约160 km,东侧相邻的断裂段曾发生过1609年红崖堡7 ¹/₄级以上地震。

1.5 社会经济情况。

2001年全市国内生产总值达28.1亿元,其中市属10.82亿元,财政收入完成10 042万元,农民人均纯收入3 512元,城镇居民可支配收入6 520元。综合经济实力名列全省第六,是甘肃省财政十强县之一。

2 灾区地震评估区的划分及破坏类型

2.1 灾区建筑物结构类型

灾区的民用建筑主要分为三大类:

I类:城镇房屋。主要分布在玉门市、玉门镇、赤金镇、四〇四厂区,大部分为经正规设计,按Ⅷ度设防的多层砖混结构楼房。而玉门石油管理局所属房屋的抗震设防标准是以玉门油田地震小区划结果为依据,按Ⅷ度设防。其中砖混结构楼房占81%,框架结构占8%,砖混平房占8%,土木结构房屋占3%。

II类:农村民用房屋。主要分布在城镇郊区农村地区,结构类型单一,以土坯房为主,约占80%,砖平房次之,占20%。

III类:工业建筑。主要集中在玉门市,主要有单层钢筋混凝土工业厂房,单层砖柱厂房,多层砖房等,

大部分按Ⅷ度设防。还有一定数量的工业构筑物,如水塔、石油冶炼设备、烟囱等。

生命线工程:主要为水利工程施工、供电系统、给排水系统、公路交通、铁路、通信系统等。

其它建筑有棚圈、围墙、蔬菜温棚等,主要是土坯承重的简单结构。

2.2 灾区地震评估区的划分

本次地震受灾面积 8 910 km²,为了便于地震灾害损失评估,按破坏程度、城市、农村特点将灾区分为七个评估区,其中三个城市评估区(Ⅲ、Ⅳ、Ⅶ),三个农村评估区(Ⅰ、Ⅱ、Ⅴ),一个单独评估区(属军事禁区Ⅵ)。共对 66 个抽样点进行了详细调查,见图 2。除单独评估区外,受灾总户数 17 175 户,受灾人口 65 500 人。

2.3 各评估区典型震害

Ⅰ区:砖木平房屋顶烟囱大部分倾倒,屋檐瓦掉落,砖墙开裂,土坯墙开裂严重。山石滚落,基岩崩塌,多处边坡失稳,回填地基出现裂缝。

Ⅱ区:本区农村民用建筑以土坯房为主,多为硬山搁檩式,搁檩山墙与檩接触部位多开裂,严重者檩掉入山墙裂缝中,土坯墙普遍开裂,檩从山墙水平滑出,多者可达 5 cm 左右,棚圈、围墙部分倒塌。以赤金镇和平村为重。

Ⅲ区:该区为玉门市评估区,震害以砖混建筑物墙体开裂为主。典型震害有玉门市一砖混住宅楼一层两端外墙角墙皮掉落,有约 2 cm 宽的剪切裂缝,门窗顶有斜裂缝,顶层两端住户隔墙出现“X”型裂缝,山墙和承重墙开裂,楼盖有水平位移;人行玉门市支行营业大厅承重柱底端酥裂,金库 37 cm 现浇钢筋混凝土墙体出现穿透性裂缝,顶层墙体连接处开裂,承重墙有轻微裂缝,地基沉降;工行玉门市支行办公楼顶层屋面墙体开裂,北端墙体向外闪出,隔墙形成“X”型裂缝,门窗顶墙体有斜裂缝,部分承重墙开裂;玉门市迎宾馆大餐厅 8 根承重柱在屋顶下约 1 m 处全部断裂等。

Ⅳ区:该区为赤金镇评估区。土坯房破坏比较严重,主要表现为前墙倒塌和墙体开裂;砖混平房破坏

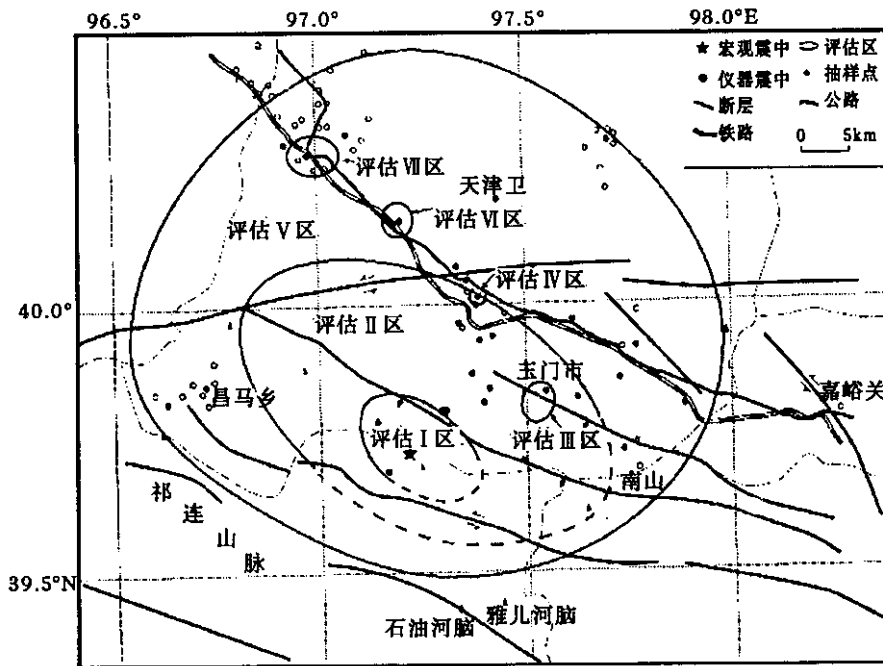


图 2 震害损失评估分区和抽样点分布图

Fig. 2 Division of the loss assessment of the earthquake and distribution of sample spots.

主要表现为墙体连接处开裂。破坏最为严重的为赤金中学和赤金中心小学,表现为墙体严重开裂,个别承重墙出现裂缝,地基下沉,赤金中学实验楼底层山墙裂缝宽达 5 cm 左右,成为危房。另外该区还有日光温棚和牲畜圈棚倒塌等现象。

V 区:该区为最外层农村评估区。震害较轻,但还是造成一定损失。房屋破坏多以土坯墙连接处开裂和门窗周围墙体开裂为主。

VI 区:为甘肃矿区(四 0 四厂)评估区。建筑物破坏主要表现为砖混结构楼房墙体普遍开裂,个别车间屋盖水平错动,承重墙出现斜裂缝,土坯房山墙开裂等。

VII 区:为玉门镇评估区。震害以墙体轻微开裂为主。典型震害有新建玉门宾馆玻璃震裂,墙体连接处开裂,玉门二中教学楼地基下沉,墙体开裂,农机招待所墙体出现竖向和横向裂缝,隔墙有“X”型裂缝,个别砖混住宅楼楼板接缝开裂,墙体连接处出现裂缝。

2.4 各类建筑物破坏比

根据《地震灾害损失评估规定》,对灾区的各类建筑物进行了震害调查。对城市评估区,按各街区均匀抽样,抽样点的覆盖面积均超过 1 km²,抽样点面积之和均大于评估区总面积 10%。对农村评估区,采取由极震区放射线抽样,抽样点以自然村为单位,基本对全村进行了全部调查,个别抽样点没有全部调查,但调查点面积之和均超过抽样点总面积的 60%。本次地震农村抽样点共 26 个,城镇抽样点共 40 个。各评估区各类建筑的破坏比见表 1。

表 1 各评估区各类建筑破坏比汇总表%

评估区	结构类别	毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好
I	土坯房	0	2.17	12.28	29.71	55.81
	砖混平房	0	0	0	4.76	95.23
II	土坯房	0	0	7.8	32.77	59.43
	砖混平房	0	0	0	32.59	67.4
III	多层砌体	0	0	8.84	20.45	70.69
	钢筋混凝土框架	0	0	0	0	100
IV	多层砌体	0	0	17.4	20.44	62.15
	砖混平房	0	0	0	0	100
V	多层砌体	0	0	0	23.5	76.5
	土坯房	0	0	0	18.37	81.62
VI	砖混平房	0	0	0	0	100
	多层砌体	0	0	6.11	29.29	64.59
VII	土坯房	0	0	0	13.89	86.09
	多层砌体	0	0	0	34.43	65.56
VII	钢筋混凝土框架	0	0	0	0	100
	土坯房	0	0	0	26.39	73.59
	砖混平房	0	0	0	2.99	97.01

2.5 其它建筑破坏

灾区的其它建筑采取单项调查的方法。调查结果如下:

(1)给排水系统:供水管断裂 5 处,总长 10 km,排污管线扭曲、错位、断裂、损坏 8 处,总长 5 km,13 栋楼屋的 300 户居民排水受到影响,有 4 个供暖点中断,15 栋楼房 450 户居民取暖受到影响。

(2)供电系统:城市电力设施损坏 3 处,2 台变压器烧毁报废,219 km 供电线路受到不同程度的损坏,农村部分地区供电中断。

(3)交通系统:城乡 5 条公路路面不同程度受损,3 座桥梁出现轻微裂缝。

(4)水利设施:引水渠首工程 3 处轻微损坏,灌溉渠道 97 km 出现轻微裂缝,27 眼机井塌陷、错位变形而报废。

2.6 其它工程损失

除上述地震损失外,这次地震还造成了农村日光温棚、牲畜棚圈和部分砖墙和土墙的倒塌和破坏,其中日光温棚毁坏182座,牲畜棚圈毁坏31 000 m²,围墙倒塌8.3 km。另外地震还造成了医院部分医疗设施的损坏。

3 经济损失值

3.1 房屋建筑破坏损失计算原理

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,用下式计算:

$$L_j = \sum_{s=1}^4 \sum_{j=1}^5 T_s \cdot \lambda_s(j) \cdot \eta_s(j) \cdot B_s$$

式中 L_j 表示破坏总损失值; T_s 表示第 s 类结构的总面积; $\lambda_s(j)$ 表示第 s 类结构在 j 级破坏下的破坏比; $\eta_s(j)$ 表示第 s 类结构在 j 级破坏下的损失比; B_s 表示第 s 类结构的重建单价。

3.2 建筑物破坏损失值

(1)房屋建筑损失运行地震灾害损失现场评估系统 EDLES,得到各评估区房屋建筑破坏经济损失值,见表2。

(2)生命线工程损失及其他工程损失:灾区的生命线工程损失主要来自于供排水系统、供电系统、公路交通以及农田水利设施。在评估过程中,由地震损失评估人员、各类生命线工程技术人员和当地政府组联合评估小组,对上报损失逐项进行评估,损失评估结果见表3。

表2 各评估区建筑物经济损失

评估区	损失类型	对象	经济损失/万元
I	直接损失	房屋建筑	9.58
II	直接损失	房屋建筑	393.98
III	直接损失	房屋建筑	2524.46
IV	直接损失	房屋建筑	315.04
V	直接损失	房屋建筑	541.09
VI	直接损失	房屋建筑	381.2
VII	直接损失	房屋建筑	513.24
总计			4678.59

表3 生命线工程和其他工程损失值

工程类别	结构类别	破坏等级	直接损失/万元
室外财产损失	农田水利设施	轻微破坏	54
室外财产损失	其它	严重破坏	37
室外财产损失	棚圈	严重破坏	31
生命线	电力系统	轻微破坏	53
生命线	交通系统	轻微破坏	315
生命线	给排水系统	轻微破坏	130
合计			620

3.3 地震救灾直接投入费用

根据玉门市政府提供的数据,这次地震直接投入救灾费用为102万元,地震现场考察和灾害评估费用为30万元,总计132万元。

3.4 地震损失总值

根据以上计算,本次地震经济损失总值为建筑物破坏损失和救灾直接投入之和。考虑到震害损失评估工作中可能存在未考虑到的因素,根据《地震灾害损失评估规定》,可对评估结果中的直接经济损失进行修正,乘以修正系数1.3(房屋建筑经济损失+生命线工程及其他工程损失+救灾投入)×1.3=7 020.17万元。

4 玉门地震灾害特点及分析

4.1 地震灾害特点

(1)地震受灾面积大,达8 910 km²,波及范围广,东到玉门东镇,西至玉门镇,南抵祁连山区,北达青山农场,灾区直径约100 km,在中强地震中是很少见的。

(2)震区玉门市为县级工业城市,综合经济实力强(名列全省县级第六),震区固定资产总值在甘肃

地区相对较高,但地震中的直接经济损失却小于发生于农村黄土地区的 2000 年景泰 5.9 级地震。

(3) 地震直接伤亡人员少,而间接伤亡人员多。间接死亡 2 人都是由于地震引起惊慌恐吓造成,受伤 350 人也主要是由于临震应急不当,逃离住宅区时拥挤压伤和摔伤的。值得注意的是本次地震发生在冬季,造成人员因恐慌地震,露天滞留受冻患病 8 200 人。

4.2 地震灾害分析

(1) 由于该地震是由活动断裂引发的,震源深度较深,所以本次地震受灾面积大,波及范围广,等震线受活动断裂控制呈扁椭圆形,长轴与断裂走向一致。

(2) 震区居民点多处于戈壁砾石层或覆盖较薄的基岩上,地基条件较好;且震区为甘肃省重点工业区,经济较发达,工业和民用建(构)筑物质量较好,极震区居民点少,所以灾害程度较轻,破坏类型以开裂为主。

(3) 地震虽然是小概率事件,但由于其来势迅猛,破坏力强,在人们心中有极强的恐惧心理。因此普及防震知识,切实落实地震应急预案,是减少地震人员伤亡的主要途径。

(4) 本次地震震中位于活动断裂南盘,向南主要为祁连山中高山基岩区,烈度衰减较快,北盘为山前冲洪积平原区,烈度衰减较慢,所以等震线图具有南侧比较紧密,北侧比较疏松的特点。

[参考文献]

- [1] 国家地震局地质研究所,国家地震局兰州地震研究所. 祁连山-河西走廊活动断裂系[M]. 北京:地震出版社,1993.
[2] 《地震现场工作》国家标准宣贯教材[M]. 北京:中国标准出版社,2002.

THE LOSS ASSESSMENT FOR YUMEN $M_s5.9$ EARTHQUAKE , ON DEC . 14 2002 ,GANSU PROVINCE

MA Er-man¹ , CHEN Yong-ming^{1,2} , ZHAO Guang-kong¹ , GAO Xiao-ming¹ , HE Wen-gui^{1,2}

(1. Lanzhou Institute of Seismology , CEA , Lanzhou 730000 , China ;

2. Lanzhou Base of Institute of Earthquake Prediction , CEA , Lanzhou 730000 , China)

Abstract : On December 14 , 2002 , A destructive $M_s5.9$ earthquake occurred at Yumen city , Gansu province , and it caused damage to building structures and other engineerings. After the earthquake , the investigation of seismic field and the assessment of seismic disaster are done. On the base of general situation , natural environment , social economy , main industry , population and building situation in seismic area , the seismic area is divided into 7 parts , and the 66 investigating samples points are finished. According to the loss assessment system of seismic disaster(EDLES) , a databank is set up , and a relatively practical assessment of economic loss is done.

Key words : Investigation of seismic disaster ; Loss assessment ; Yumen $M_s5.9$ earthquake