

# 2003 年民乐—山丹 6.1、5.8 级地震灾害损失评估

马尔曼, 石玉成, 高晓明, 何文贵

(甘肃省地震局, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:** 2003 年 10 月 25 日在甘肃省民乐—山丹交界处相继发生  $M_s6.1$  和  $M_s5.8$  地震, 造成 10 人死亡、46 人受伤, 近 5 万人失去住所; 村镇民用房屋、水利、生命线工程和学校、卫生院所等公共设施严重破坏。震后采用抽样调查、单项调查、填表调查核实的方法, 取得了大量的实际资料, 将灾区合理的划分为 3 个评估区, 建立了每个评估区的每类建筑物的破坏比、损失比和基础数据资料, 分 10 个专项进行统计分析, 通过计算得出了本次地震灾害的经济损失结果。

**关键词:** 民乐—山丹 6.1、5.8 级地震; 震害损失评估

**中图分类号:** P315.9

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0844(2007)01-0064-05

## The Loss Assessment for Minle—Shandan $M_s6.1$ and $M_s5.8$ Earthquakes on October 25, 2003

MA Er-man, SHI Yu-cheng, GAO Xiao-ming, HE Wen-gui

(Earthquake Administration of Gansu Province, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** On October 25, 2003, two destructive earthquakes with  $M_s6.1$  and  $M_s5.8$  occurred one after the other on the boundary between Minle and Shandan counties in Gansu province, which caused 10 persons killed, 46 people injured and about fifty thousands persons lost their homes. The events also caused serious damage to village buildings, communal establishments of water conservancy, lifeline engineering, schools and hospitals. Immediately after the earthquakes, according to the national criterions and regulations, using the methods of spot check, single item check and fill table check, abundant practical data were gained. On this base of data, the disaster area is divided into three assessment sections, the break ratio, the loss ratio and fundamental data of every type building in each assessment section are established. Through statistic analysis on ten items and the professional calculation, a practical assessment of economic loss is figured out.

**Key words:** Minle—Shandan  $M_s6.1$ 、 $M_s5.8$  earthquakes; Loss assessment

## 0 前言

2003 年 10 月 25 日 20 点 41 分和 20 时 48 分, 在甘肃省民乐县和山丹县交界处 ( $38.4^\circ\text{N}$ ,  $101.2^\circ\text{E}$  和  $38.4^\circ\text{N}$ ,  $101.1^\circ\text{E}$ ) 相继发生  $M_s6.1$  和  $M_s5.8$  地震, 宏观震中位于民乐县永固镇和山丹县霍城镇交界一带, 极震区烈度为 VIII 度。

地震发生后甘肃省地震局和中国地震局先后派出了由 80 人组成的地震现场工作队全面开展地震

灾害调查和损失评估、架设临时台站、地震监测预报、科学考察等多项工作。地震现场工作队在 10 月 26—29 日, 每天 50 余灾评人员分乘 15 辆车在约 5 000  $\text{km}^2$  范围内的民乐、山丹、肃南三县共 16 个乡镇以及山丹军马总场、二场和三场进行野外灾情调查, 共完成 74 个抽样点、179 个调查点的调查, 调查建筑物、工程结构、地表破坏 3 000 余处, 累计行程 23 000 多公里。通过现场调查取得了大量的实

收稿日期: 2006-05-12

中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC20070012

作者简介: 马尔曼 (1964—), 男 (回族), 甘肃张家川人, 研究员, 主要从事地震工程和地震应急救援工作。

际资料,依据《地震灾害损失评估工作规定》,通过计算软件 EDLES2.5 的计算得出了本次地震的直接经济损失。

## 1 地震基本情况

### 1.1 地震基本参数

(1) 发震时刻:①2003 年 10 月 25 日 20 时 41 分;②2003 年 10 月 25 日 20 时 48 分

(2) 震中位置:①38.4°N,101.2°E;②38.4°N,101.1°E

(3) 震级:① $M_s$ 6.1;② $M_s$ 5.8

(4) 宏观震中:民乐县永固镇和山丹县霍城镇交界一带(图 1)

(5) 震源深度:18 km

(6) 极震区烈度:Ⅷ度(图 2)

(7) 极震区加速度:民乐强震台获得近场主震记录,震中距为 12.6 km,东西向加速度最大振幅为 295 gal;北南向加速度最大振幅为 331 gal;垂直向加速度最大振幅为 202 gal。

### 1.2 灾区概况

灾区位于甘肃省河西走廊中部,属于张掖市。海拔 1 500~5 027 m,属山地和山前倾斜平原地区,东、西、南三面环山,地形呈东南高,西北低的倾斜态势。南部祁连山区海拔 2 800 m 以上,高山峻岭,重峦叠嶂;中部地势平坦,气候冷凉,为灌溉农业区;北部雨量稀少,呈沙漠、戈壁景观。气候属大陆性荒漠草原气候,形成了南部高寒、中部冷凉、北部干旱的特点。常见的自然灾害有干旱、霜冻、冰雹、暴雨和大风。

灾区除汉族以外,少数民族较多,主要有回族、藏族、裕固族等。经济以农牧业为主。灾区所涉及的 2 个主要县的国民经济概况见表 1。

表 1 灾区国民经济概况

行政区	GDP /亿元	第一产业 /亿元	第二产业 /亿元	第三产业 /亿元	财政收入 /亿元	农村居民 人均收入/元
民乐县	9.95	3.95	2.67	2.33	21.2	2 765
山丹县	12.22	2.85	4.61	4.76	31.8	3 001
合计	22.17	6.80	7.28	7.09	.....	.....

### 1.3 灾区地质构造环境

民乐—山丹地震可能发生在走廊过渡带内的大黄山隆起南缘断裂带的西段。大黄山隆起南缘断裂带东段为山前逆断层(又称大柳沟断层),主要分布在大黄山山前洪积山的后缘,长约 25 km,走向近东西,发育时间为晚于海西期;而其西段为一盲断层(又称大马营隐伏断层),长约 35 km,前人根据航卫

片解译、物探资料判断及一系列泉水(沿断层有 18 处上升泉)的分布判断,该处存在一北西西向断层,断层性质可能为逆断性质,发育可能晚于燕山期,为第四纪活动断层。历史上其周边地区都曾发生过中强地震,因此在该区发生这次地震是完全正常的。

### 1.4 评估区概况

灾区总面积为 3 229 km<sup>2</sup>(按评估区域计),灾区居民 47 371 户,人口共计 190 101 人。受灾范围涉及民乐县的永固镇、民联乡、南丰乡、三堡镇、洪水镇、顺化乡、城关镇 7 个乡镇,山丹县的霍城镇、大马营乡、李桥乡、花寨子乡、位奇镇、陈户乡 6 个乡镇,以及山丹马场,肃南县大泉沟乡。

按照地震破坏的严重程度,将灾区分为三个评估子区,以农村主要居住房屋(土木结构)轻微受损与基本完好的边界为总评估区边界,考虑到灾区人口分布、房屋破坏程度的衰减确定出中间评估区界线。

评估区 1 为极灾区,基本位于民乐县永固镇和山丹县霍城镇交界一带(图 1),面积 180 km<sup>2</sup>。本区受灾户数 5 054 户,受灾人口 20 945 人;评估区 2 为较严重破坏区,该区面积 1 047 km<sup>2</sup>,户数 20 367 户,受灾人口 83 977;评估区 3 为一般破坏区,面积约为 2 002 km<sup>2</sup>,户数 21 950 户,人口 85 179 人。

## 2 人员伤亡及失去住所人口

本次地震共造成 10 人死亡,受伤 46 人,其中重伤 14 人,轻伤 32 人(见表 2)。由于房屋倒塌和较大

表 2 人员伤亡统计表

行政区	死亡人数	受伤人数		
		重伤	轻伤	小计
民乐县	7	8	29	37
山丹县	3	5	3	8
张掖甘州区	0	1	0	1
合计	10	14	32	46

程度的破坏造成失去住所人口共计 47 818 人。失去住所人口按下式估计:

$$M = \frac{T(1) + T(2) + \frac{T(3)}{2}}{A_s} \cdot K - M_d$$

式中:  $T(1)$  为所有建筑类型居住房屋的毁坏面积;  $T(2)$  为所有建筑类型居住房屋的严重破坏面积;  $T(3)$  为所有建筑类型居住房屋的中等破坏面积;  $A_s$  为户均居住面积;  $K$  为户均人数;  $M_d$  为死亡人数。

## 3 建筑物及其它工程结构的破坏情况

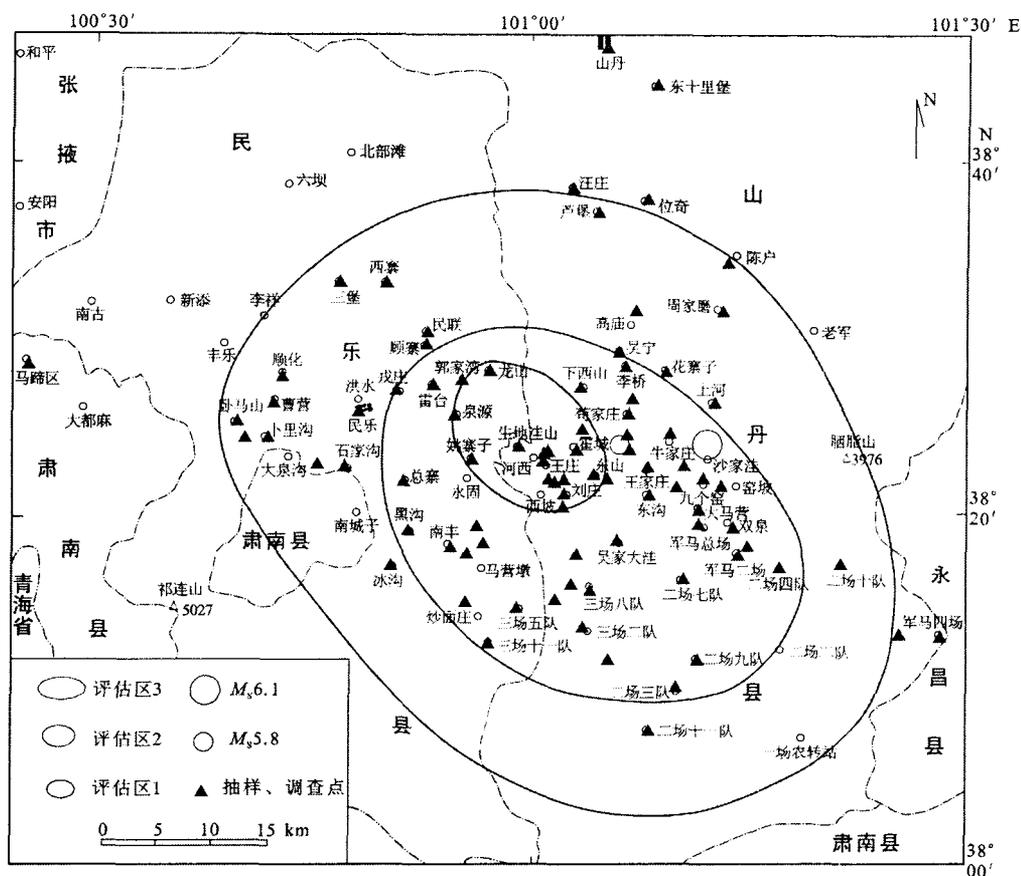


图 1 评估分区及抽样调查点图

Fig. 1 Assessment sections and distribution of survey points.

3.1 房屋建筑

灾区量大面广的村镇房屋结构类型主要可分为土木结构、砖木结构、砖混结构、框架结构和简易房等 5 类。

(1) 土木结构: 土木结构房屋(含砖土木结构)为土坯墙承重, 木屋盖, 在农村民房中占 70% 左右。抗震性能差, 震后倒塌、开裂十分普遍。是灾区受破坏的主要类型房屋。

(2) 砖木结构: 即砖墙承重木屋盖房屋, 在震区

破坏程度较轻, 主要用于学校、卫生院和乡镇、部分村政府的办公用房。

(3) 砖混结构: 主要集中在乡政府所在地和城镇, 农村较少。其抗震性能好, 破坏较轻。

(4) 框架结构: 钢筋混凝土梁柱承重, 现浇楼板和屋盖, 主要集中在县城, 抗震性能最好, 有轻微损坏。

(5) 简易房: 用土坯建起的简易房屋。该类房屋抗震性能最差, 在极灾区几乎全部毁坏, 其他区域

表 3 生命线工程的震害情况

工程类别	震害形式	震害简述
交通系统	道路开裂及崩塌	路基下边坡纵向裂缝严重, 路基开裂下沉。边坡崩塌、土石阻塞公路, 呈串珠状零星分布。
	道路侵蚀及冲毁	因地震发生后, 水库紧急泄水, 几处穿越路面, 对漫水路段的路面造成不同程度侵蚀破坏, 局部石砌护坡冲毁。
	桥梁破坏	桥体出现裂缝, 主要构件有不同规模裂缝, 个别桥梁受损严重。
	涵洞破坏	乡间公路涵洞受到不同程度破坏, 如盖板、台身、墙身等出现裂缝, 严重者断裂。
通信系统	电信移动破坏	交换机房、铁塔、光缆线路分别遭受不同程度的地震破坏, 有 9 座铁塔发生倾斜, 水固—南古的光缆线路部分受损, 2 组电池损坏。农村交换点机房出现不同程度的裂缝。
	广播电视设施破坏	线路中断, 线杆、电杆、线缆、入户线、电源受损, 设备震落摔坏等。
电力系统	线路和设施损毁	永固镇姚寨村 0.4 kV 线路倒杆两基, 烧毁 35 kVA 变压器一台; 极灾区送电线杆出现环形裂缝, 失去了抗弯能力, 部分供电所房屋受到不同程度的破坏。
供排水系统	管网和设施破坏	震区自来水供水设施水塔、取水井、管网、泵房在地震中遭受不同程度的地震破坏。18 座水塔破坏, 3 座水塔的水池保护层脱落, 池壁有裂缝、渗漏, 塔身倾斜, 破坏严重, 其余轻度破坏。

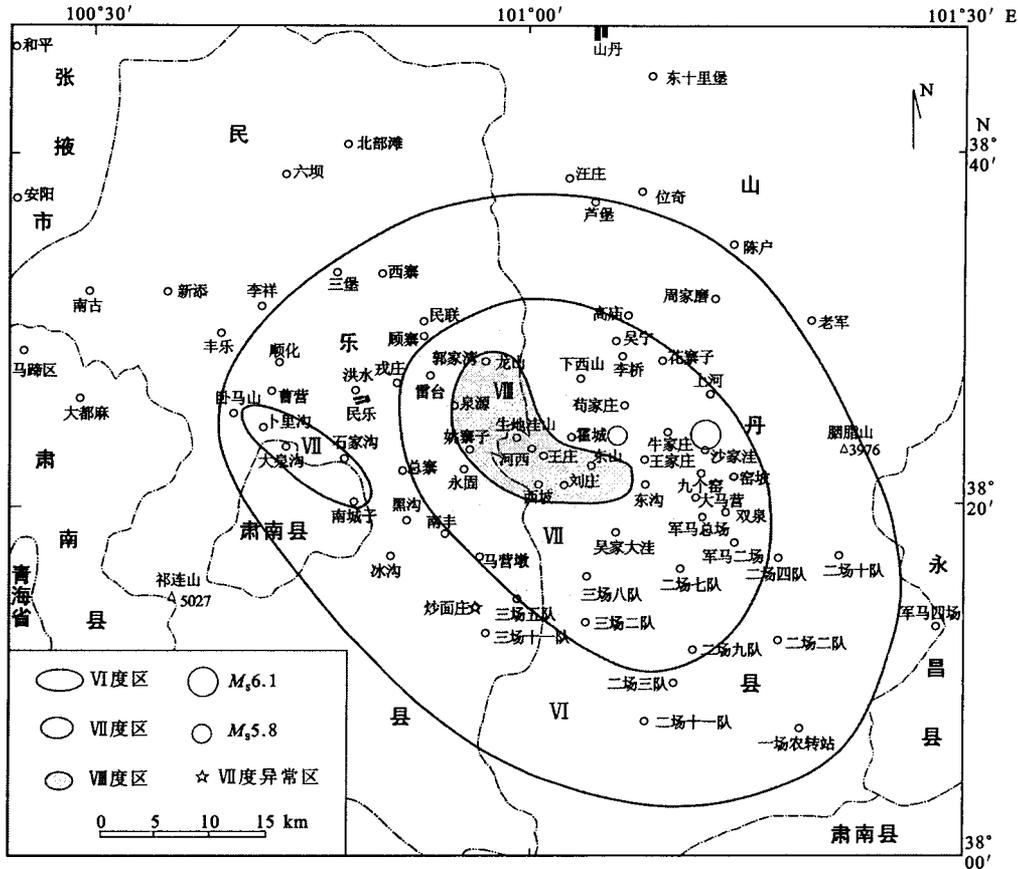


图 2 甘肃省民乐—山丹地震等震线图

Fig. 2 Isoseismic map of Shandan—Minle earthquakes.

破坏严重。

### 3.2 生命线工程

震区的生命线系统在本次地震中受到破坏影响使用功能,其震害见表 3。

### 3.3 农田水利

灾区多座水库坝体、泻洪闸房护坡、水渠等出现裂缝,地震引起的滑坡、崩塌,水库保坝紧急泄洪毁坏大量农田。

## 4 评估区相关参数及抽样统计结果

按照《地震灾害损失评估工作规定》,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,抽样点基本均匀地分布在灾区范围内。对于量大面广的农村土木结构房屋采用以自然村为单位的统计单元,选取采样点数为 74 个。其中评估区 1 为 15 个,评估区 2 为 38 个,评估区 3 为 21 个。

对于其他项目,采用填表调查,会同震区有关部门重点抽样调查核实,取得资料进行单独计算的方法对其评估。此外灾区农村围墙和牲畜的经济损失也采取单项经济评估方法。

### 4.1 房屋建筑破坏比

根据抽样点计算出不同结构每个破坏等级的破坏比,列于表 4。

表 4 各评估区建筑破坏比汇总(%)

建筑类别	评估区	毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好
砖混平房	评估区 1	1.39	7.4	15.97	55.65	19.56
	评估区 2	0	7.53	8.96	30.03	53.47
	评估区 3	0	1.88	4.19	20.73	73.16
砖木房屋	评估区 1	5.59	33.54	25.42	25.78	9.65
	评估区 2	2.74	15.8	22.54	30.76	28.15
	评估区 3	0.56	7.67	12.06	21.7	58
土木房	评估区 1	15.19	23.17	28.27	28.09	5.26
	评估区 2	9.85	24.68	25.62	26.12	13.72
	评估区 3	3	8.4	11.4	22.42	54.75
简易房	评估区 1	33.81	14.25	19.3	25.71	6.9
	评估区 2	19.81	30.94	24.54	14.5	10.19
	评估区 3	7.44	11.96	14.72	21.23	44.63

### 4.2 房屋建筑单价

各类房屋建筑当地造价原是通过实地调查访问和当地建设部门提供,经综合评定后给出。列于表 5。

### 4.3 房屋建筑损失比

根据《地震灾害损失评估规定》给出的标准,结合灾区结构工程情况,房屋建筑损失比按表 6 取值。

表 5 房屋建筑物单位面积造价

评估对象	造价/(元·m <sup>-2</sup> )
砖混结构	600(750)
砖木房屋	400(420)
框架结构	(950)
土木房	250
简易房	150

注:括号内数据为民乐县城关镇房屋造价

表 6 建筑物破坏损失比(%)

评估对象	毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好
砖混平房					
砖木房屋	80	45	20	6	0
土木房					
简易房					
框架	90	60	35	8	4

表 7 民乐—山丹地震经济损失汇总表(单位:万元)

行政区	房屋				生命线系统				企业			其他			保坝泄水	合计	
	一般房屋	教育系统	公用住房	卫生系统	城关镇	通讯系统	交通系统	电力供排水系统	粮食局	乡镇企业	水利	农田	室内财产	牲畜			围墙
民乐县	12301.72	646.49	726.39	311.15	2558.49	317	786.4	736.4	220	735.58	329.92	2926.02	1333.4	387.69	591.56	426.04	25334.25
山丹县	9148.38	508.64	574.64	137.76		68	295.6	220				4804.75	288.38	52.8	318.69		16417.64
马场	2969.94												364.86	191	403.21		3929.01
肃南县																	499
保坝泄水																	3960
小计	24420.04	1155.13	1301.03	448.91	2558.49	385	1082	956.4	220	735.58	329.92	7730.77	1333.4	1040.93	835.36	1147.94	3960
分项合计			29883.6					2643.4		1065.5		7730.77	1333.4		3024.23		3960
%			59.60					5.27		2.13		15.42	2.66		6.03		7.90
																	100.00

## 5 经济损失评估结果

这次地震造成的直接经济损失主要包括民房、教育系统、卫生系统和其它公用房屋建筑、室内外财产、生命线工程、企业、粮食系统和农田水利设施的损失。其中房屋建筑破坏造成的损失根据抽样调查结果进行计算。其他系统的经济损失由有关专家进行单项调查评估。直接经济损失为 46 179.9 万元;另外民乐县翟寨子和双树寺水库由于保坝泄水造成经济损失为 3 960 万元;总计为 50 139.9 万元。各项损失汇总见表 7。

## 6 灾害特点及建议

(1) 建筑质量差,结构不合理是震害重的主要原因。当地民房绝大多数是抗震能力极差的土木房屋,立柱细弱,梁柱尺寸比例严重失调,土坯用泥浆砌筑,粘结性差,是脆性结构,一遇地震极易倒塌或严重破坏。震区的部分砖房由于灰浆不合格而大大降低房屋的抗震能力。

(2) 连续发生了 6.1 和 5.8 两次中等强度地震,震害叠加,震害比单独发生一次 6.1 级地震要严重的多。

(3) 震区的黄土窑洞一般作为放牧人员临时住所,抗震性能极差,遭遇到中强地震就会坍塌,死亡的 10 人中有 8 人是由于黄土窑洞坍塌所致。

(4) 震区分布着多座水库,大部分水库建设年代较早,抗震设防烈度低,质量差,年久失修,本次地震造成坝体不同程度破坏,出现险情,紧急泄水保坝影

响今后的农业生产和居民生活。应引起有关方面的高度重视,尽快采取措施加以解决。

(5) 各级政府应加强对抗震设防要求的管理,严格按照设防标准进行设计、施工。

(6) 震区有许多国家重点文物,在地震中造成了不同程度的损坏,其损失无法估计,建议尽快制定方案,安排资金,进行维修、加固和保护。

### [参考文献]

- [1] GBT18208.3—2000,地震现场工作,第 3 部分:调查规范[S].北京:中国标准出版社,2000.
- [2] 中国地震局.地震灾害损失评估工作规定[S].1997.
- [3] 石玉成,马尔曼,何文贵,等.2003 年甘肃民乐—山丹 6.1、5.8 级地震灾害特点及启示[J].世界地震工程,2006,22(3):95-101.
- [4] 石玉成,马尔曼,陈永明.2003 年民乐—山丹 6.1、5.8 级地震房屋震害分析[J].西北地震学报,2005,27(3):260-266.