

# 2003 年民乐—山丹 6.1、5.8 级地震房屋震害分析

石玉成<sup>1,2</sup>, 马尔曼<sup>2</sup>, 陈永明<sup>1,2</sup>, 付长华<sup>1,2</sup>

(1. 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;

2. 中国地震局地震兰州研究所, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:**通过对 2003 年民乐—山丹 6.1、5.8 级地震的现场调查, 划分了灾区房屋类型及结构特征, 揭示了不同类型房屋的震害特点, 分析了房屋震害的原因, 总结了防御和减轻震害的经验与教训, 强调了规范民房建设管理的重要性。

**关键词:**民乐—山丹 6.1、5.8 级地震; 房屋; 震害

**中图分类号:** P315.9      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-0844(2005)03-0260-07

## Analysis on Building Damage of Minle—Shandan $M_s6.1$ and $M_s5.8$ earthquakes in 2003

SHI Yu-cheng<sup>1,2</sup>, MA Er-man<sup>2</sup>, CHEN Yong-ming<sup>1,2</sup>, FU Chang-hua<sup>1,2</sup>

(1. Lanzhou Base of Institute of Earthquake Prediction, CEA, Lanzhou 730000, China;

2. Lanzhou Institute of seismology, CEA, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** Based on field investigation for the building damage caused by Minle—Shandan  $M_s6.1$  and  $M_s5.8$  earthquakes in 2003, the kinds of buildings are classified and their structure characteristics are discussed. Through analysis the characteristics and the mechanism of damages for each kind of buildings are revealed. Furthermore, experiences and lessons on seismic disaster prevention and reduction in such countryside area are summarized and the management of rural buildings is emphasized.

**Key words:** Minle—Shandan  $M_s6.1$  and  $M_s5.8$  earthquakes; buildings; earthquake damage

## 0 引言

2003 年 10 月 25 日 20 点 41 分和 48 分在甘肃省民乐—山丹交界处(北纬 38.4°, 东经 101.2° 和北纬 38.4°, 东经 101.1°)相继发生了  $M_s6.1$  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。本次地震是近 10 年来发生在甘肃省的震级最大的一次地震。

本次地震极震区明显, 范围较大; 地震波及面和有感范围大。极震区烈度为 VIII 度, 面积约 197 km<sup>2</sup>; VII 度区面积约 1 180 km<sup>2</sup>; VI 度区面积约 2 594 km<sup>2</sup>; 有感半径约 370 km。受灾范围波及张掖市的民乐县、山丹县、肃南裕固族自治县 3 县 11 个乡镇, 以及中牧集团山丹马场的总场、二场和三场, 青海祁连县

三个乡镇的部分民用住房也受到不同程度的破坏。张掖市、武威市、酒泉市、金昌市、青海省祁连县、门源县等地强烈有感, 兰州市、西宁市、银川市普遍有感。本次地震共造成 10 人死亡(其中直接死亡 8 人); 47 371 户、190 101 人受灾; 倒塌房屋 23 504 间, 严重破坏 52 811 间; 水利、交通、通信等公共设施严重破坏; 同时也造成大量牲畜伤亡。直接经济损失逾 5 亿元。

## 1 灾区房屋类型及结构特征

根据中国地震局《地震现场工作大纲和技术指南》<sup>[1]</sup>, 结合震区的实际情况, 将房屋分为以下几种类型: 房屋建筑分为四类: 土木结构、砖木结构、砖混

收稿日期: 2005-07-25

基金项目: 科技部社会公益研究专项(2004DIB3J130); 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC20050041

作者简介: 石玉成(1966—), 男(汉族), 山东省沂水人, 博士, 研究员, 主要从事地震工程研究工作。

结构(平房或多层砖混)、框架结构,另有简易房,还有少量网架结构。

### 1.1 土木结构房屋

包括木构架房、土坯房或砖柱土坯房、黄土窑洞等类型,约占灾区房屋总面积的70%左右。

#### 1.1.1 木构架房:

屋架、屋盖重量以及其他荷载由木柱及其形成的木构架承担。根据木构架的结构形式不同可分为:

(1) 简单木架房:屋架的整体由柱、梁、檩和横向拉撑构成,但拉撑多不齐全,或仅由柱、梁、檩构成屋架。节点多为榫接。一般木料较细,材质较差。大部分为八十年代前建造。

(2) 正规木架房:当地俗称“四梁八柱”。木架结构完整,梁、檩、柱、撑齐全,结构各节点全为卯榫结合,榫头加木销铆固,整体性及柔性均好。屋顶形式多为平顶木构架或三角形木柱木屋架。墙体为黄土土坯。正规木构架房60%以上为九十年代后修建。

#### 1.1.2 土坯房或砖柱土坯房

房屋的承重体系为墙体,用土坯块作墙体砌筑材料,粘土泥浆砌筑,有卧砌或立砌两种。屋架和檩条搁置在土坯墙上,墙体承受屋盖系统全部荷载,大部分没有木柱。屋顶形式大部分为“一坡水”。作为承重墙体,有土墙、土石混筑墙和砖柱土坯墙几种类型。八十年代以后的土坯房以砖柱土坯房为主,土坯砌筑围护墙和隔墙,个别有轻质隔墙。学校的土坯房一般有简单屋架,屋顶为“双坡水”,房子四角和梁底下设有砖柱,前墙有些为半砖墙。少数村镇分布有夯土墙房屋(俗称干打垒或板打墙)。

#### 1.1.3 黄土窑洞

主要开挖在黄土沟谷崖边或黄土坡坎上(崖窑),窑洞的大小不一,窑顶一般是半圆形。个别地方根据需要,在主窑的侧面开挖侧窑室。灾区窑洞主要为夏季放牧的临时住所或作为牛羊圈使用。

### 1.2 砖木或砖混结构房屋(平房)

墙体均为砖墙,屋顶为木屋架,有时为混凝土预制板,有些房屋上下均设置圈梁。主要为学校、村委会等用房,少数经过正规规划设计的居民新村和比较富裕的村庄也采用该形式。该类型房屋总体上抗震性能较好。

### 1.3 多层砖混结构

砖混结构楼房主要分布于县城,以3~6层为主,个别乡镇政府驻地有零星分布。砖墙承重,多数

有圈梁,1990年后建造的按Ⅶ度设防,有构造柱。对于砖混结构,承重墙的数量及其抗剪强度、房屋高度、楼盖和屋盖结构形式、纵横墙交接处的砌筑方法等对其抗震稳定性影响较大。

### 1.4 框架结构

钢筋混凝土梁柱承重,现浇楼板和屋盖,砖围护墙,3~5层。仅在民乐县城有少量分布,属灾区所有结构类型中抗震性能最好的。

### 1.5 简易房

主要为土墙木檩条棚圈,大小不一,很不规则,大都十分破旧,为牲畜圈棚或柴房,在结构类型划分上属于土坯房,但抗震性能更差。

此外,县城个别商场采用的是网架结构,还有少量单层空旷工业厂房。其它建筑附属设施还包括围墙、女儿墙、门楼等。

从房屋的抗震设防和抗震设计情况看,农村(含乡镇政府驻地)房屋未考虑抗震设防,农民盖房随意性较大,但九十年代以后的新房(正房或称上房)从设计上较为正规。民乐县城比较重要的建筑物大都考虑了抗震设防,按Ⅶ度考虑,而且有正规图纸和勘察施工等资料。但也有大量建筑物尤其是在县城边缘地带,抗震设防情况不详,多数没有经过正规设计和施工,八十年代以前的房屋尤为突出。

## 2 房屋震害特征

### 2.1 木构架房屋震害

从木构架房屋的结构特点来看,梁、柱各结点的牢固程度和梁、柱、檩构架整体的稳定性和强度是其抗震性能好坏的关键。由于承重柱的破坏引发的震害较少。在极震区(Ⅷ区),正规木构架房屋的主要震害是墙体倒塌、山墙外闪(图1)、屋顶塌落,木构架一般不倒,少数发生倾斜或产生裂缝。墙体破坏的主要原因之一是作为建筑材料的黄土强度低或土坯之间粘结差所致。另一个主要原因是梁、柱与墙体的接合部位没有牢固的拉结措施。木架房比较常见的震害有拔榫或榫头折断(图2)而引起屋架塌落,柱脚移动而引发的屋架倾斜、倾倒,屋顶震害有椽瓦或屋檐砖掉落、脊砖或脊瓦闪落、屋盖滑落等。在Ⅶ度或Ⅶ度以下地区,其主要震害表现为墙体产生水平裂缝、斜裂缝及断裂、酥裂、隔墙局部倒塌等震害。而简单木架房由于横向拉结不完善,甚至没有横向拉结,抗御地震力的能力差,上述震害现象都有表现,倒塌率也明显升高。

### 2.2 土坯房和砖柱土坯房震害

在Ⅶ度和Ⅷ度区,其主要震害形式表现为倒塌、屋盖坠落、墙体破裂、酥碎、倾斜、房屋吊顶掉落、山墙与横墙分开等,墙体与屋盖系统搭接处以及纵横

墙的咬合处震害也较严重,常常造成梁檩拔出,甚至落架等震害。该类型房屋抗震能力极差,在极震区(Ⅷ区)大部分全部倒塌或局部倒塌(图3)。



图1 木构架房屋山墙倒塌

Fig. 1 Gable collapse in a wood-frame house.



图2 木构架房屋榫头拔出

Fig. 2 Rabbets of wood-frame house were pull apart.



(a)



(b)

图3 极震区的大部分土木结构房屋倒塌或严重受损

Fig. 3 Most of the wood-adobe houses collapsed or suffered serious damage in meizoseismal area.

砖柱土坯房屋在在极震区倒塌现象也较普遍。在Ⅶ度区由于砖柱与土坯墙之间没有拉结措施,而且多是砌好砖柱之后再砌土坯墙,所以一般多沿接合处形成裂缝,或土坯墙倾斜、倾倒,砖柱与墙体脱离现象十分常见,墙体有凸出或凹进现象。有的地方承重墙体为石墙或下部为碎石或砾石堆砌,但一般沟缝料的强度不够(多为泥或灰泥),变形或坍塌震害严重。

### 2.3 砖木或砖混结构房屋(平房)震害

砖木或砖混结构房屋抗震能力明显较土木结构强。在极震区该类型房屋整体倒塌现象较为少见,主要的震害形式是墙体破裂,房檐塌落(图4),屋盖局部坍塌,砖墙体产生较宽的斜裂缝、“X”形裂缝、水平裂缝、竖向裂缝等形式,少数墙体发生位错,门框产生严重变形,有的混凝土地面也出现较宽的裂缝,纵墙与横墙拉开、弯曲现象较为常见,个别较长的房屋屋顶呈现波浪状的变形。少数双坡屋面房屋出现檩子折断、梁檩拔出或梁檩扭曲错位现象。一

些学校教室屋檐与前墙结合部位产生较宽的裂缝,溜瓦、吊顶变形或塌落现象较为常见。全砖墙承重房屋在Ⅶ度区震害较轻。在Ⅷ度区的砖木结构和在Ⅶ度或Ⅶ度以上地区的土木结构房屋,内隔墙倒塌现象较为常见,如图5所示。

### 2.4 黄土窑洞震害

黄土窑洞在震区常见的震害类型有窑脸塌落、土体坍塌、洞顶坍塌以及滑坡引起窑洞整体破坏等(图6),本次地震中窑洞的破坏主要集中于震中区的郭家村以南一带。震区死亡人员主要是窑洞坍塌所致,其中窑洞结构不合理是导致洞顶土体坍塌的主要原因,个别窑洞位于不稳定的边坡上,地震诱发滑坡而引起窑洞整体塌毁,压埋人员与牲畜。

### 2.5 多层砖混结构震害

该类建筑物主要分布于县城,主要的震害表现为承重墙体产生斜裂缝、八字形裂缝和垂直裂缝,局部贯通墙体,有时上下楼层贯通。以震害较为典型的民乐县某中学教学楼为例,在楼梯间部分纵、横墙



图 4 砖木结构房檐塌落

Fig. 4 Roof slump in a wood-brick house .

产生了剪切斜裂缝;承重墙体墙身产生了剪切斜裂缝和部份剪刀形裂缝;墙角处、纵横墙交接处开裂;沿圈梁底部产生了水平裂缝;外贴瓷砖开裂和脱落;阳台与墙身开裂。再以民乐县自来水公司 4 号取水井机房和地下水厂为例,由于设计不合理和施工质量差,部分房间开间过大,厚重的现浇砼锥形坡屋顶由砖墙承担,造成承重墙多处水平、垂直、剪刀形开裂破坏。

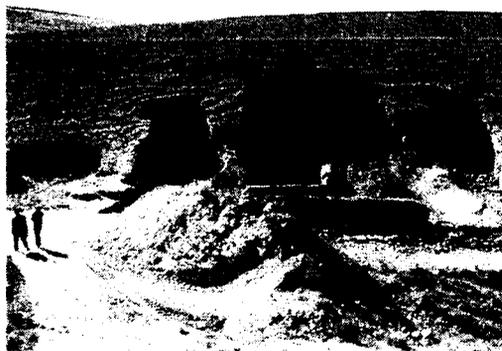


图 6 黄土窑洞坍塌

Fig. 6 Collapse of a loess cave-dwelling .

## 2.6 框架结构震害

框架结构所占比例很小,地震破坏现象主要表现为梁、柱与填充墙开裂、脱开;部分填充墙由于面积较大产生剪刀形开裂;个别梁的中间部位出现裂缝。这些震害与框架结构自身特点以及施工质量密切相关,如梁、柱与填充结构不能很好联接,墙体面积大,填充材料材质较差;部分建筑物结构体形不规则等。总体上看,民乐县城框架结构房屋震害轻微。

## 2.7 其它

民乐县一商场(荣昌超市)为网架结构,发生支座处墙体震损现象。少数单层空旷工业厂房和影剧院由于跨度大,墙体产生严重裂缝。另外,震区大量



图 5 土木结构、砖木结构房屋隔墙倒塌较多

Fig. 5 Partition wall collapsing is common case for wood-adobe and wood-brick buildings.

的围墙、门楼、女儿墙、屋顶烟囱、专用混凝土支柱支架等也遭到不同程度的破坏。在Ⅶ度、Ⅷ度区土围墙全部倒塌或严重开裂、错位的现象随处可见,砖围墙局部倒塌、开裂现象也比较突出;门楼、女儿墙、屋顶烟囱被震落现象也比较普遍,一些专用混凝土支柱支架也产生了裂缝。

表 1 为部分抽样点各种类型房屋破坏情况。

## 3 房屋震害影响因素分析

房屋建筑的震害特征与地震动特征、场地和地基条件、房屋结构构造属性以及房屋质量现状密切相关。本次地震破坏较重的原因除了与两次主震震级均较大、存在明显的震害累积和叠加效应外,场地条件和房屋自身因素也起了重要影响。

### 3.1 地震动特性对震害的影响

本次地震实际上为 6.1 级、5.8 级两次主震,发震时间间隔仅 7 分钟,震中位置相距较近,存在明显的震害累积和叠加效应。许多在第一次地震中发生中等破坏或轻微破坏的房屋,在第二次地震中震害加重以至倒塌,这是本次地震损失惨重的一个重要原因。在距离  $M_s 6.1$  地震震中 12.6 km 处,EW 向加速度峰值为  $331 \text{ cm/s}^2$ ,NS 向加速度峰值为  $332 \text{ cm/s}^2$ ,垂直向加速度峰值为  $209 \text{ cm/s}^2$ ,反映了本次地震的高强度特点<sup>[2]</sup>,这也是造成本次地震震害偏重的重要原因之一。

### 3.2 场地和地基条件对震害的影响

包括地质构造、地形地貌、场地类别、土质条件、地下水埋深以及地震时可能引起的次生灾害等。

靠近发震构造的房屋震害明显加重,如郭家村、刘庄等地。建设场地选择不当和地基处理不善是造成房屋破坏的一个重要原因。许多房屋位于地震时

表 1 灾区部分抽样点各种类型房屋震害统计破坏比

地点	结构类型 及所占比例	破坏等级					烈度分区	场地条件
		毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好		
苟家庄	土木(57%)	4%	18%	41%	32%	5%	Ⅵ度	中硬场地
	砖木(32%)	0	3%	40%	47%	10%		
	棚圈(11%)	18%	42%	28%	9%	3%		
	围墙	20%	43%	32%	5%	0		
下寨村	土木(40%)	2%	12%	35%	36%	15%	Ⅵ度	中硬场地
	砖木(51%)	0	0	18%	55%	27%		
	棚圈(9%)	6%	22%	30%	31%	11%		
	围墙	7%	25%	36%	24%	8%		
上寨村	土木(50%)	7%	24%	48%	18%	3%	Ⅵ度	中硬场地
	砖木(41%)	8%	20%	35%	27%	10%		
	棚圈(9%)	11%	29%	44%	10%	6%		
	围墙	13%	30%	50%	7%	0		
车沟村	土木(55%)	18%	41%	33%	8%	0	Ⅶ度	河漫滩
	砖木(35%)	0	5%	16%	71%	8%		
	棚圈(10%)	19%	43%	38%	0	0		
	围墙	30%	50%	20%	0	0		
蔡家湖	土木(65%)	13%	31%	45%	11%	0	Ⅵ度	中硬场地, 位于坡脚地带
	砖木(28%)	0	7%	13%	68%	12%		
	棚圈(7%)	16%	30%	50%	4%	0		
	围墙	21%	33%	46%	0	0		
东坡	土木(55%)	10%	30%	53%	7%	0	Ⅵ度	位于条状 山梁上
	砖木(29%)	0	17%	21%	51%	11%		
	棚圈(4%)	15%	35%	50%	0	0		
	窑洞(12%)	78%	0	22%	0	0		
九个窑	围墙	30%	56%	14%	0	0	Ⅵ度	位于半坡上 或斜坡前缘
	土木(66%)	30%	41%	24%	5%	0		
	砖木(22%)	0	19%	24%	49%	8%		
	棚圈(8%)	21%	34%	45%	0	0		
新墩	窑洞(4%)	84%	16%	0	0	0	Ⅵ度	位于阶 地前缘
	围墙	27%	52%	21%	0	0		
	土木(18%)	14%	36%	22%	21%	7%		
	砖木(77%)	7%	20%	33%	30%	10%		
刘庄	棚圈(5%)	24%	40%	28%	8%	0	Ⅶ度	中硬场地,毗 邻发震断层
	围墙	25%	29%	29%	17%	0		
	砖混(18%)	0	12%	32%	46%	10%		
	土木(40%)	61%	23%	16%	0	0		
霍城镇	砖木(27%)	27%	44%	18%	11%	0	Ⅵ度	中硬场地
	棚圈(15%)	60%	30%	10%	0	0		
	围墙	70%	30%	0	0	0		
	砖混(58%)	0	5%	15%	48%	32%		
东山村	土木(12%)	11%	20%	55%	12%	2%	Ⅶ度	半挖半填 地基
	砖木(30%)	7%	13%	22%	47%	11%		
	围墙	5%	12%	45%	20%	18%		
	土木(28%)	43%	41%	16%	0	0		
杜庄村	砖木(60%)	25%	36%	44%	5%	0	Ⅶ度	位于坡脚 地带
	棚圈(12%)	68%	20%	12%	0	0		
	围墙	74%	24%	2%	0	0		
	土木(38%)	31%	42%	17%	10%	0		
新庄村	砖木(50%)	6%	23%	30%	34%	7%	Ⅵ度	中硬场地
	棚圈(12%)	30%	45%	15%	10%	0		
	砖混(40%)	6%	11%	25%	38%	20%		
	土木(15%)	12%	21%	33%	24%	10%		
霍城 乡镇企业	砖木(32%)	9%	15%	28%	33%	15%	Ⅵ度	中硬场地
	棚圈(13%)	10%	16%	45%	29%	0		
	单层砖柱厂房(31%)	0	0	6%	75%	19%		
	砖混(18%)	3%	15%	22%	48%	12%		
郭家湾村	土木(19%)	4%	25%	51%	16%	4%	Ⅶ度	中硬场地, 毗邻发震断层
	砖木(32%)	8%	13%	48%	22%	9%		
	砖混(21%)	0	2%	11%	60%	27%		
	土木(12%)	7%	19%	30%	38%	6%		
郭家湾村	砖木(54%)	0	8%	18%	53%	21%	Ⅶ度	中硬场地, 毗邻发震断层
	棚圈(8%)	30%	24%	32%	14%	0		
	窑洞(5%)	85%	0	15%	0	0		

续表 1

地点	结构类型 及所占比例	破坏等级					烈度分区	场地条件
		毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好		
戎庄	砖混(52%)	0	0	4%	38%	58%	Ⅶ度	中硬场地
	土木(16%)	0	3%	14%	55%	28%		
	砖木(26%)	0	0	8%	52%	40%		
	围墙(6%)	2%	5%	16%	56%	21%		
二马营 (小康建设村)	全砖房(100%)	0	0	0	10%	90%	Ⅶ度	中硬场地
	围墙	2%	5%	10%	22%	61%		
刘庄小学	砖木(100%)	0	0	29%	71%	0	Ⅶ度	中硬场地
	围墙(400 m)	5%	0	30%	0	65%		
霍城中学	砖混(53%)	0	0	0	94%	6%	Ⅶ度	中硬场地
	土木(6%)	0	100%	0	0	0		
	砖木(31%)	0	10%	90%	0	0		
周庄小学	砖木(100%)	0	0	20%	80%	0	Ⅶ度	中硬场地
东沟小学	砖木(100%)	0	16	4%	80%	0	Ⅶ度	黄土覆盖较厚
东坡小学	砖木(100%)	0	0	42%	58%	0	Ⅶ度	位于半坡上

发生滑坡、崩塌等部位,或者位于软弱土,条状突出的山咀,河岸和边坡边缘等场地上,加之地基处理失当或未作处理,容易产生地基失效,房屋震害通常很重,如东沟、东坡等村庄。

地形高差和局部地貌条件(高山山梁及孤突山梁)对地震波的影响非常显著,直接影响到地震灾害程度的分布。许多居民点依山而建,是造成震害严重的重要原因。在炒面庄、卜里沟等地所形成的震害异常区或异常点主要与此有关。

山区地貌(黄土梁)地震动的衰减要比平原区慢,这也是造成震区灾害波及范围较大的原因。

不同场地条件对地震的响应差别很大,地基土的种类、覆盖层厚度、地下水的埋深对震害均有较大程度的影响。民乐县城一带场地主要由较为坚硬的砾石层组成,震害相对较轻。极震区的姚寨子村震害非常重与地下水较浅有一定关系。

黄土地区特有的地震灾害现象—黄土震陷、滑坡、崩塌加剧了震害。在新墩等村庄,河流阶地上含水量相对较高的黄土产生震陷导致房屋破坏严重,与邻近的二马营村庄完好的房屋形成了鲜明的对比。黄土滑坡和崩塌主要集中于Ⅶ度和Ⅷ度区,民乐地震直接造成死亡的 9 人中有 7 人是因为黄土滑坡诱发窑洞坍塌所致。

### 3.3 房屋自身特征对震害的影响

房屋自身属性包括结构类型、几何尺寸、材料特性、平面布置、构造措施等因素。房屋自身存在的一些缺陷导致震害加重。主要表现在:

(1) 房屋的构造不利于抗震。木柱或砖柱与木梁间没有任何拉结,隔墙与纵横墙之间没有采取可靠的连接措施,横隔墙布置失当,屋面檩条与墙顶连接为简单搁置,无拉结措施。一些房屋开间和进深尺寸过大,许多房屋不设置门窗过梁。

(2) 土坯及泥浆强度很低,土坯之间连接松散,致使墙体抗震强度不足。木构架强度不足及其老旧程度严重也是造成房屋破坏严重的一个原因。许多地区墙体材料杂如“里生外熟”等外砖内土坯的做法,不能使砌块咬槎砌筑,墙体形成两张皮,不利于抗震。

(3) 屋盖整体刚度很弱。木梁、木檩条直接支承于墙体上,没有可靠、牢固的连接措施。端部房间的檩条往往直接搁在山墙上,不加任何措施。地震时,山墙容易外闪,造成屋盖坍塌。木梁柱连接处榫头松动、木梁柱细弱导致房屋整体抗震性能较弱。

(4) 施工工艺、流程、方法不尽合理,施工质量粗糙。施工时,内、外墙未同时咬槎砌筑,土坯墙的土坯未错缝卧砌或泥浆不饱等都对房屋的震害有重要影响<sup>[3]</sup>。

(5) 房屋质量现状对房屋抗震能力影响极大。由于受本地经济条件的限制,有相当数量的房屋(八十年代以前修建的房屋)未能及时维修或加固,一些危房未采取加固措施。一些房屋已存在墙体产生裂缝或歪闪、地基下沉、木骨架陈旧老朽或遭虫蛀、倾斜、纵横墙联结处出现竖向裂缝等病害;从而导致震害严重。

## 4 防御和减轻震害的经验与启示

(1) 本次地震震害经验表明,由于农村建房大都未进行抗震设防和设计,农民缺乏对房屋抗震知识的了解和对房屋抗震经验的总结与推广,有关部门特别是城建部门和乡镇部门对农村房屋建设的管理比较薄弱,从而造成了农村房屋建设中的盲目性,房屋抗震能力低下。

(2) 城镇建筑房屋虽进行了抗震设防,但由于抗震设计未严格按照规范执行,加之施工质量得不

到充分保证,部分建筑也产生了较为严重的震害。城乡结合部的房屋大都未进行抗震设防和正规设计,房主的主观随意性很大,房屋的抗震可靠性较差。

(3) 房屋的破坏形态和程度与设计、施工有密切关系。凡是经过统一规划和正规设计,且严格按照要求施工的房屋,其震害较轻;凡是设计不合理、施工质量差、砖墙体砂浆标号不符合要求的房屋,其震害通常很重,教训深刻,如民乐县某中学教学楼。

(4) 依山而建的房屋,山梁上的房屋或半挖半填地基上的房屋,其震害较重。如山丹磨沟、九个窑等地。

(5) 本地区用于放牧时的临时住所(大部分为窑洞)破坏严重,不注重选择地点和随意性开挖是造成本次地震人员死亡的主要因素,如民乐县龙山村、郭家湾村。

(6) 在震区的民房中,土木结构占多数,其抗震能力差,除了农民建房受经济和传统观念的影响以外,还有一个重要原因是农民不懂得怎样进行抗震设防。因此,加强对该类房屋的抗震性能研究,采取合理的对策和必要的抗震措施,就可以有效减轻地震造成的损失。

(7) 本次地震的经验教训表明,只要在宅地选择、地基处理、结构设计、施工工艺和质量等方面采取合理的对策和必要的抗震措施,就可以有效减轻地震造成的损失,如山丹县二马营村(小康建设村)。同时,随着经济建设的发展,要依靠科技进步,大力开展抗震技术推广活动,接受科学的建房观念,逐步提高乡镇和农村住宅的抗震防灾能力。

## 5 结语

同近些年发生于我省的其它地震相比,本次地震呈现出更清晰的地震破坏现象,这些地震现象和特点给地震研究者和地震工程研究者带来的启发和问题,值得深思,特别是强震对农村社会经济的冲击和影响,给人们留下了深刻的印象。通过这次地震我们再次看到我国农村建筑抗震设防是薄弱环节,农民普遍抗震意识淡薄。目前在我国西部广大村镇,尤其是贫困边远地区的建设中仍大量采用土木结构,建议今后加强对该类房屋的抗震性能研究,注重研究具有抗震能力,同时又符合当地建筑材料来源、经济条件和生活习惯的房屋。这是减轻地震灾害的关键途径之一,具有重大的社会经济意义。

县乡政府要加强对防震减灾工作的重视,加强抗震设防要求管理,提高对房屋设计、施工的监管力度,严格按照设防标准控制设计和施工质量。对于人员密集的公用建筑,如学校、卫生院、办公楼等,应当提高其抗震能力,做到统一设计、统一监管。对于城镇规划、重要建筑和工程应进行地震安全性评价等前期工作,确定合理的抗震设防标准,避开危险场地。

### [参考文献]

- [1] 中国地震局. 地震现场工作大纲和技术指南[S]. 北京:地震出版社,1998.
- [2] 闵祥仪,姚凯,何新社. 2003年10月25日甘肃省民乐—山丹 $M_s6.1$ 地震强震近场记录和分析[J]. 西北地震学报,2003,25(4):289-292.
- [3] 石玉成,王兰民,林学文,等. 黄土生土建筑震害预测研究[J]. 西北地震学报,2003,25(3):206-211.