2003年10月25日民乐—山丹6.1、5.8级地震烈度和发震构造特征

何文贵[1,2], 郑文俊[1,2], 赵广堃[2], 马尔曼[2]
(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. 中国地震局兰州地震研究所,甘肃 兰州 730000)

摘 要:2003年10月25日20时41分在甘肃省民乐县和山丹县境内发生了6.1、5.8级地震。现场考察宏观震中位于民乐县永固镇姚寨子村和山丹县霍城镇刘庄村一带;极震区烈度为Ⅷ度;发震断层为民乐—永昌隐伏断裂和童子坝河隐伏断裂。本文分析了震区房屋建筑特征和抗震性能及烈度分区特征,探讨了地表变形分布与发震构造的关系。

关键词:民乐—山丹地震;烈度;发震构造
中图分类号:P315.3 **文献标识码**:A **文章编号**:1008-0844(2004)03-0240-06

0 引言

2003年10月25日20时41分在甘肃省民乐县和山丹县境内相继发生了6.1、5.8级地震,两次地震间隔7分钟。截至到30日13时30分,共发生余震482次,最大余震4.8级。这次地震受灾范围包括张掖市的民乐县、山丹县、肃南裕固族自治县三县十一个乡镇,以及山丹军马场的总场、二场和三场。张掖市、武威市、酒泉市、金昌市等地强烈有感;兰州市、西宁市、银川市普遍有感。地震造成严重损失,直接经济损失5亿元,共有10人死亡。根据《国家破坏性地震应急反应预案》有关规定,为一般破坏性地震。地震发生后,甘肃省地震局及中国地震局立即组成地震现场工作队,在当地政府的配合下,出色地完成了地震灾害损失评估工作和现场科学考察工作。

1 地震基本参数

发震时间:2003年10月25日20时41分;20时48分。

震 级:M_S6.1;M_S 5.8。

微观震中:38.4°N,101.2°E;38.4°N,101.1°E。

地震烈度宏观震中:38.4°N,100.0°E,在山丹县霍城镇王庄附近,位于M_S6.1地震的微观震中以东18 km,M_S5.8地震以东10 km处。

震中烈度:Ⅷ度。

震源深度:18 km。

震源机制解:

收稿日期:2004-02-19
基金项目:中国地震局地震联合基金(104073)和国家自然科学基金(40372086)共同资助,中国地震局兰州地震研究所论著编号:LC20040031
作者简介:何文贵(1963-),男(汉族),吉林白城人,副研究员,现主要从事活动构造研究.

表1　2003年10月25日甘肃民乐—山丹6.1级、5.8级震源机制解

节面Ⅰ			节面Ⅱ			P轴		T轴		N轴		矛盾比	资料来源
走向	倾向	滑动角	走向	倾向	滑动角	方位角	仰角	方位角	仰角	方位角	仰角		
7	77	134	110	45	19	65	20	317	41	174	42		文献[3]
119	42	72	323	51	106								文献[2],①,②
191	76	15	285	75	166	238	1	148	21	330	69	0.143	文献[2],①,②

①中国地震信息网公布的数据(http://www.csi.ac.cn/tl/zhuanji/jizhi031025.htm);

②甘肃省地震局公布的数据(http://www.gssb.gov.cn/sdml/zyjzj.htm)

2　地震烈度

2.1　震区房屋建筑特征与抗震性能分析

民乐－山丹6.1、5.8级地震发生在河西走廊中段、民乐盆地南部,地貌上为低山丘陵区。该区经济条件较差,发展较为落后,以农牧业为主。区内民房占大多数,80%以上的房屋为土木类建筑,多为土搁梁房屋和简易木架土坯房,最近几年随经济条件的改善,出现一些砖柱土坯房和前墙为砖,其余墙体为土坯的房屋,总体上讲可以分为以下四类:

(1)砖混结构:主要分布于民乐县城、山丹县城和军马总场及各分场,约占该地震区房屋总量的5%,房屋整体抗震性能较好,在Ⅷ度区和Ⅶ度区多数只出现轻微裂缝。

(2)砖木结构:主要为企事业单位、医院、学校的办公用房,一部分富裕农牧民的新式住宅也属于该房屋类别。该类房屋约占该地震区房屋总量的5%,抗震性能较好,由于受建筑质量、地形地貌影响,造成中等和轻微破坏。

(3)砖柱土木结构:该类房屋为震区主要房屋类型,约占该地震区房屋总量的20%,是城乡居民主要住宅结构类型。由于该类房屋起承重作用的砖柱和土坯墙之间不咬合,房屋的整体性和抗震性能较差。在本次地震中,该类房屋在Ⅷ度区和Ⅶ度区均有部分造成严重破坏和中等破坏。

(4)土木结构:该类房屋为牧民和部分城镇流动居民的主要住宅类型,约占该地震区房屋总量的70%以上,外观虽显破旧,但房间低矮,房内建有木构架承重,因此在中等地震烈度环境下其相对抗震性能较砖柱土木结构房屋要好。居民棚圈数量较大,为土筑墙和土坯墙,木椽泥顶,材料简单,施工粗糙,多数抗震性能较差。居民院墙多为土坯墙,有砖柱铁大门或砖柱木大门,在本次地震中造成严重破坏和中等破坏。

另外,地震区人员居住较为分散,居民点较多,沟谷、山坡等不同地貌单元上均有住户居住。地形地貌及地基的影响,其破坏程度也不同。

2.2　烈度分区特征

本次地震的烈度划分在依照《中国地震烈度表》(GB/T17742－1999)的基础上,根据区内地形地貌条件、地震时房屋和地面、山坡破坏情况及人的感觉强弱,制定烈度划分的原则和标志。烈度分区图如图1所示。

(1)Ⅷ度区(极震区)特征:Ⅷ度区长轴总体走向300°,长轴长18 km,短轴长6.8 km,呈弯豆状。北起龙山村,向南经翟寨子、姚寨子转向东,过生地洼山、河西村、王庄至刘庄以东,面积约96 km^2。该区以土木结构房屋为主,房屋抗震性能差,震后毁坏、开裂现象十分普遍;简易棚圈、土坯围墙和砖柱大门毁坏;砖木结构房屋较少,80%左右出现墙体裂缝,部分房角塌落,出现结构性破坏。地面出现裂缝、塌陷和山体滑塌。另外,翟寨子水库坝体上出现401m长的纵向裂缝,单条裂缝长约10 m,宽1～2 cm,分布于坝体东部;分洪闸有三根柱子出现裂缝被震断;分洪侧墙顶部向东移20 cm。

(2)Ⅶ度区特征:Ⅶ度区长轴总体走向303°,长轴长39 km,短轴长25 km。西起民乐县民联乡的郭家湾村,东到总后军马场一场四队附近,面积765 km^2。多数土木结构房屋出现裂缝,简易棚圈和土坯围墙毁坏,砖木及砖混结构房屋出现门、窗洞口上的斜裂缝、八字裂缝和垂直裂缝,且一般都裂通,承重墙体有剪切斜裂缝和部份剪刀形裂缝。檐瓦掉落,屋顶烟囱掉落。地面出现重力裂缝。

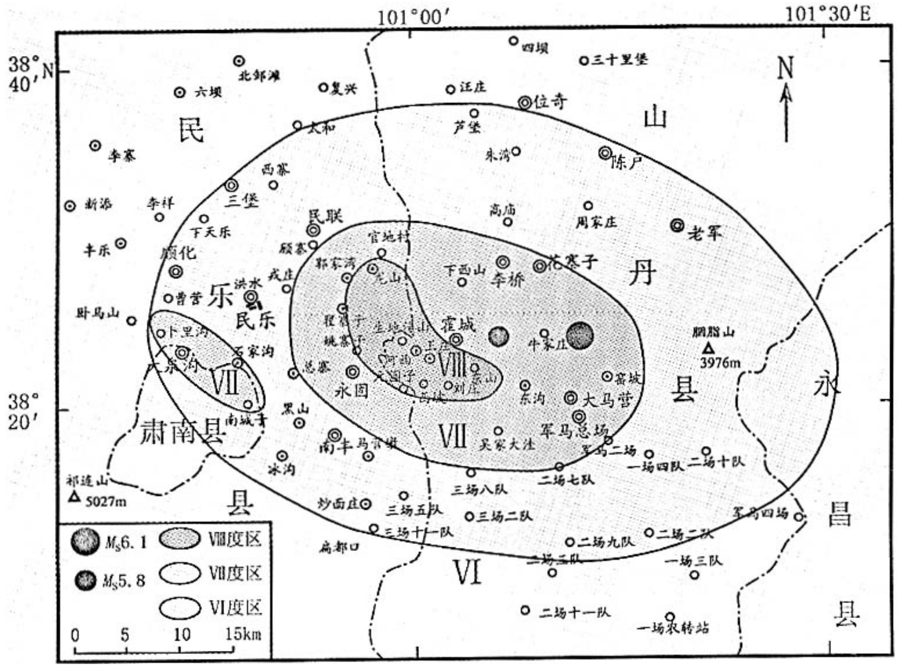


图 1 民乐 - 山丹 M_S6.1,5.8 地震烈度分布图

Fig. 1 Distribution of the intensity of Minle - Shandan M_S6.1, M_S5.8 earthquakes.

(3) Ⅶ度异常区特征:位于极震区西部,长轴总体走向 310°,长轴长 15 km,短轴长 5 km,西起顺化乡卜里沟,向南东经石家沟至肃南县大泉沟乡南城子。多数土木结构房屋出现裂缝,简易棚圈和土坯围墙毁坏,在卜里沟一带地面出现裂缝、塌陷和山体滑塌。

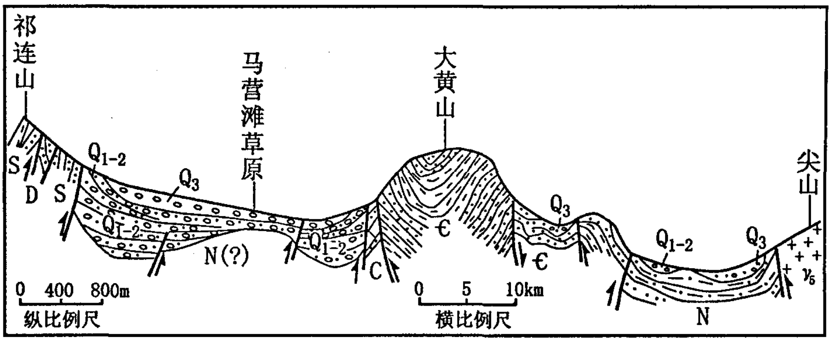
(4) Ⅵ度区特征:Ⅵ度区长轴总体走向 290°,长轴长 69 km,短轴长 49 km,西起民乐县民三堡乡和顺化乡一带,东到军马场四场附近,面积 2 654 km^2。土木结构房屋出现裂缝,墙皮脱落,个别土坯围墙毁坏,砖木及砖混结构房屋出现细小裂缝,外贴瓷砖开裂和脱落,梁、柱与填充墙与梁开裂、脱开。

3 发震构造特征

3.1 发震断层特征

本次地震发生的青藏高原东北缘地区是新构造运动以来的强烈上升区,区内断裂、褶皱均很发育,尤其是晚第四纪以来断裂活动显著,地震活动频繁,是我国主要地震区之一。地震震中位于民乐盆地与大黄山隆起的交汇部位。民乐盆地南界是民乐—大马营断裂,北界是走廊北缘断裂。盆地被挤压而强烈下陷,盆地内堆积了第四系厚度达 1 000 m。盆地西界断层为榆木山东缘断裂,以逆冲 - 右旋性质为主,新活动强烈;东界断裂不明显,主要受大黄山隆起所制约。大黄山隆起南北两侧由倾向相反,相向逆冲的压性断裂控制,横穿大黄山隆起的一条横剖面显示了对冲型隆起的形态(图 2)。隆起中心在大黄山,其海拔高度近 4 000 m,比周围高出 2 000 m。隆起区受南北两侧的逆冲断裂的挤压,其两侧发育次级对冲型盆地,呈对称形式出现,它们是南北两大块体挤压的产物。

此次地震的发震构造主要为民乐—永昌隐伏断裂(F_1),该断裂西起民乐县城以东,向东经永固、大马营、红山窑,止于永昌县城以北,断裂全长约 100 km,总体走向近东西,最西端走向为北西西(图 3)。在航卫片上,断裂线性特征较为显著,表现为明显的颜色差异。断裂基本上可分为三段。东段为永昌段,主要布于永昌北山山前,地貌特征较为明显,但没有出露地表的断层标志,部分地段有断层泉;中间段分布于大



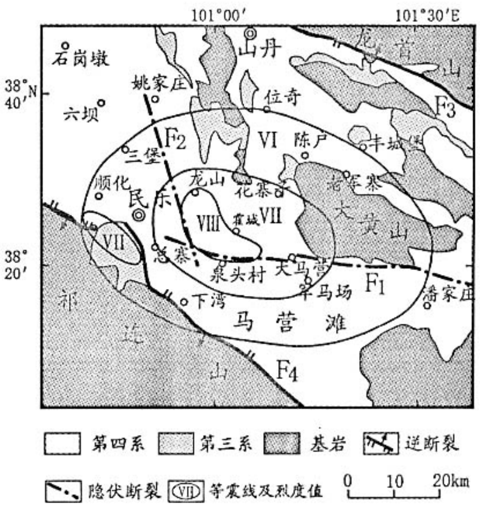
Q_3:上更新统砾石层; Q_{1-2}:下、中更新统砾石层、砂砾石层; N:第三纪泥岩、砂岩; C:石炭纪砂岩、页岩和灰岩;D:泥盆纪砂岩; S:志留纪板岩、砂岩; E:寒武纪板岩、砂岩、页岩; r:燕山期花岗岩

图2　大黄山剪切-对冲型隆起剖面(国家地震局地质研究所等,1993)

Fig. 2　Profile of Dahuangshan shear-thrust upheaval.

黄山南缘,又称大黄山南缘断裂,断裂倾向北,分为两个相互平行的断层,出露部分线性特征明显,大部分被大黄山南缘山前洪积扇所覆盖,其上洪积扇没有明显的变形,因此该段断裂晚更新世晚期以来未活动;西段为民乐—大马营段,该断裂段共有十八处上升泉沿断裂线性展布,断裂部分地在地貌上有显示,如:地形沟谷、冲-洪积扇缘的线性展布等,但断裂多处于隐伏状态,向西消失于民乐盆地内。在深部结构特征上该断裂有明显的反映。两侧第四纪厚度差异极为明显,在其以北的霍城一带,第四纪厚度多为几十米,最厚为100 m左右;而在其以南,第四纪厚度多为几百米,最厚可达700 m以上。从近年来的地震活动迹象及本次地震的破坏特征分析,该断裂的西段可能已开始复活。

另外,从极震区的形态来看,童子坝河隐伏断裂(F_2)可能也参与了本次地震。断裂沿童子坝河为北北西向展布,为民乐盆地与大黄山隆起区的分界断裂。地表断裂特征不明显,为一隐伏断裂,在地貌上主要表现为低山丘陵与盆地之间的分界线,高差从几十米到几百米不等。断裂为大黄山隆起区边缘的控制性逆冲断层,可能与民乐—永昌隐伏断裂组成一南西向突出的弧形。断裂在深部结构上有明显的反映,为一梯级过渡带。两侧第四系厚度差异较大,西侧可达近千米,东侧仅为几十米到百余米。



F_1 民乐-永昌隐伏断裂;F_2 童子坝河隐伏断裂;F_3 龙首山南缘断裂;F_4 祁连山北缘断裂

图3　民乐附近地质构造略图

Fig. 3　Sketch map of geological structure in Minle - Shandan area.

3.2　地裂缝及地震陷坑特征

本次地震没有形成地表破裂带,地面变形也不太多见,仅在极震区部分地方有规模不等的地裂缝和地震陷坑(图4)。

(1)民乐县永固乡东湖村干巴山观音寺地裂缝:该裂缝沿干巴山山脊展布,长约50~60 m,走向315°,裂缝宽度5~30 cm不等,性质为张裂缝。裂缝穿过观音寺和观音寺后的村文化室,使整个房屋开裂,裂缝宽度约10~20 cm,该处根据断层泉的展布方向,断层走向为300~315°,与裂缝走向基本一致。

(2)民乐县民联乡郭家湾村南地裂缝

①号点(38°25′15″N, 100°57′35″E),裂缝长度约50 m左右,断续分布,走向65°,宽度约10 cm,发育位置在小山梁上(图5)。②号点(38°24′55″N, 100°57′34″E),发育有二组裂缝,单裂缝长度约30 m左右,断续分布,裂缝走向60°,宽度约10 cm,性质以张性为主,发育位置也在小山梁上;另一组与之相垂直,性质以张性为主。

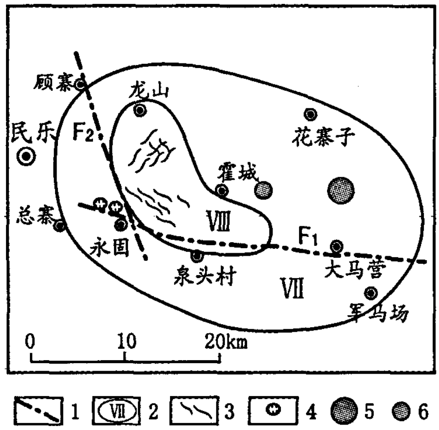
(3)山丹县霍城镇上河西村生地洼山地裂缝

裂缝发育于生地洼山村旁的山脊上,由多条平行的裂缝组成,长度约30~50 m不等,断续延伸百余米。裂缝走向约290°,宽度为10~30 cm,性质以张裂为主,有一定的隆起压扭特性。

(4)地震陷坑

发现在永固镇以西2 km的山坡上(38°22′30″N, 100°55′39″E),有二个陷坑,呈椭圆形,相距约4 m,长分别为5.5 m和5.2 m,宽4.3 m和4.0 m,深2.5 m和2.0 m(图6),位于民乐—永昌隐伏断裂(F_1)的向西延伸部位。

总之,地裂缝有二组方向,一组为北东向(60~65°),另一组为北西向(290°)。北东向与主断裂——民乐—永昌隐伏断裂(F_1)相垂直,为张性;北西向与主断裂相平行,为压扭性。地震陷坑展布与主断裂相一致。



1. 发震断裂;2. 等震线及烈度值;3. 地裂缝;4. 地震陷坑;5. $M_S=6.1$;6. $M_S=5.8$

图4　民乐－山丹地震地面变形

Fig. 4　Ground deformations at Minle – Shandan earthquake.

图5　郭家湾村南地震裂缝

Fig. 5　Earthquake crack at south of Guojiawan village.

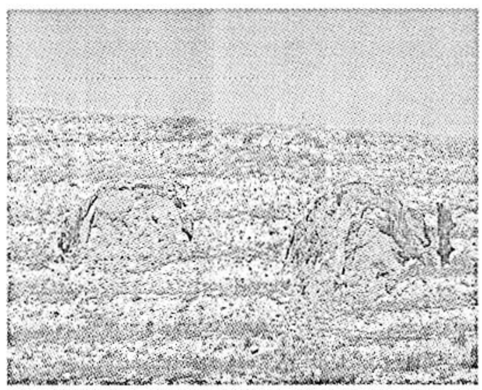


图6　永固镇西地震陷坑

Fig. 6　Earthquake siuk-hole at west of Yonggu town.

4　结论与建议

(1)极震区呈弯豆状,长轴有两个方向,可能是两次地震叠加造成的。

(2)此次地震的发震构造是民乐—永昌隐伏断裂(F_1)和童子坝河隐伏断裂(F_2),以民乐—永昌隐伏断裂(F_1)为主。

(3)此次地震发生在民乐盆地南部的洪积扇丘陵区,地形较为复杂,自然条件较差。农村建筑缺乏防震抗震知识指导,震区房屋没有采取任何抗震措施,房屋建筑质量较差,多为土木结构。尤其是当地群众为了美观流行在土木结构中加砖柱、砖前墙或土坯外包砖墙,而砖与土坯之间无连接咬合,震后普遍分离

开缝,抗震性能最差。这些房屋遭受两次主震的袭击后,由于震害累积叠加效应造成破坏较重。

(4)进一步在全社会特别是广大农村加大防震减灾知识宣传普及力度;各级地震部门和其它政府有关部门加强建设工程抗震设防要求管理,加强对农村抗震工作的研究与指导,提高农村房屋抗震能力,是减轻地震灾害的一项紧迫任务。

[参考文献]

[1] 杨立明,王兰民.民乐-山丹6.1级地震短期预报的科学总结[J].西北地震学报,2004,**26**(1):1-9.

[2] 刘旭宙.甘肃近期几次中强地震震源机制解[J].西北地震学报,2004,**26**(1):94-95.

[3] 张洪由,许力生.2003年10月25日甘肃省西部发生6.1级和5.8级地震.国际地震动态[J],2003(11):11.

[4] 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-河西走廊活动断裂带[M].北京:地震出版社,1993.

CHARACTERISTICS INTENSITY AND SEISMOGENIC STRUCTURE OF MINLE - SHANDAN M_S6.1 & M_S5.8 EARTHQUAKES ON OCT.25,2003

HE Wen-gui[1,2], ZHENG Wen-jun[1,2], ZHAO Guang-kun[2], MA Er-man[2]

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

2. *Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou* 730000, *China*)

Abstract: M_S6.1 & M_S5.8 Earthquakes occurred in Minle county and Shandan county, Gansu province on Oct. 25, 2003. According to the field investigation, the macro-epicenter lie on the area from Yaozhaizi village of Yonggu town, Minle country to Liuzhuang village of Huocheng town, Shandan country, and the intensity of extreme seismic zone is Ⅷ. The seismogenic faults are Minle - Yongchang buried fault and Tongzihe buried fault. In the paper, the characters of local houses and structures as well as their earthquake resistance quality, and distribution of the intensities are analyzed. The relationship between ground deformations and seismogenic faults is discussed.

Key words: Minle - Shandan earthquake with M_S6.1& M_S5.8; Intensity; Seismogenic Structure