

谭明、孙静、李帅等, 2014, 2014年2月12日新疆于田 $M_s 7.3$ 地震震害调查分析, 中国地震, 30(2), 233~242.

2014年2月12日新疆于田 $M_s 7.3$ 地震震害调查分析

谭明 孙静 李帅 陈建波 吴传勇 姚远 常想德
王琼 伊力亚尔·阿不力孜

新疆维吾尔自治区地震局, 乌鲁木齐新市区科学二街338号 830011

摘要 2014年2月12日新疆于田县发生 $M_s 7.3$ 地震, 发震构造初步判断为阿尔金断裂带。推测极震区烈度为IX度, 位于无人区; VI、VII度区为现场调查确定, 共216个烈度调查点。地震造成新疆和田地区和巴音郭楞蒙古自治州7个县(市)的39个乡镇(场)的房屋、市政和交通设施、农牧业基础设施等受到不同程度的破坏。本次地震较2008年3月21日于田 $M_s 7.3$ 地震更靠近盆地, 震害受场地条件影响明显, 受灾范围更大。

关键词: 新疆于田 7.3级地震 地震现场 震害 调查分析

[文章编号] 1001-4683(2014)02-0233-10

[中图分类号] P315

[文献标识码] A

0 引言

据中国地震台网测定, 2014年2月12日17时19分50秒, 新疆于田县发生 $M_s 7.3$ 地震, 震中位于北纬 36.1° , 东经 82.5° , 震源深度 12km (<http://news.ceic.ac.cn/CC20140212171950.html>)。截至2014年3月4日23时59分, 于田单台记录 $M_L 1.0$ 以上余震6321次, 其中5.0~5.9级3次, 4.0~4.9级33次, 3.0~3.9级164次, 最大余震为 $M_L 5.8$ 。中国地震局地球物理研究所采用CAP方法的矩张量反演结果表明, 本次地震为走滑型, 破裂面走向为 239° , 与阿尔金断裂的走向基本一致。中国地震局地震预测所据国产GF-1型高分辨率卫星数据发现, 本次地震在硝尔库勒盆地南缘造成长约10km的地表破裂带 (http://www.cea-ies.ac.cn/manage/html/8a9080a125b29b1b0125b2a3093a0002/content/14_02/24/1393211859618.html), 并初步判定本次地震的发震构造为阿尔金断裂。微观震中位于海拔4500m左右, 人迹罕至, 距于田县和民丰县均110km, 距和田市250km, 于田县和民丰县震感强烈。地震未造成人员伤亡; 造成住房损坏297万 m^2 , 毁坏和严重破坏达42.2万 m^2 , 其中以老旧土坯房为主。地震还造成羊圈、公用房屋、市政设施、交通设施等的破坏, 但占直接经济损失的比例较小。另外, 部分2004年后建设的木架结构抗震安居房在这些抗震

[收稿日期] 2014-03-09; [修定日期] 2014-03-21

[项目类别] 地震科技星火计划“新疆抗震安居房震害矩阵研究”(XH13026Y)、新疆地震科学基金资助项目“新疆高烈度地区乡镇低层砖混结构房屋隔震技术研究”(201308)联合资助

[作者简介] 谭明, 男, 1979年生, 工程师, 主要从事工程地震与震害预测应用研究。E-mail: 32962242@qq.com

房中出现明显震害,2011年后建设的安居富民房震害较轻。这些抗震房是灾区开展抗震房(抗震安居房、安居富民房)建设以来首次遭受到较大成灾破坏。

1 烈度分布与场地条件

中国地震局、新疆地震局、和田地区地震局联合地震现场工作队通过216个抽样调查点的震害调查分析,依据相关规范(中华人民共和国质量监督检验检疫总局,2009;中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局等,2011)开展地震现场烈度评定工作,结合震源破裂和历史地震理论数据计算及地震的矩张量反演结果,推测IX度、VIII度区分布在高山无人区,等震线长轴呈NEE走向分布,VI度、VII度区依据实际调查结果综合确定地震烈度图(图1)(http://www.xj.earthquake.cn/manage/html/ff808181126bebda01126bec4dd00001/_content/14_02/15/1392452125781.html)。极震区的IX度区长半轴为36km,短半轴为8km,面积约948km²;VIII度区长半轴为65km,短半轴为22km,面积约3483km²;VII度区西南自策勒县奴尔乡,东北至民丰县叶亦克乡,长半轴为252km,短半轴为140km,面积23210km²;VI度区西南自和田县喀什塔什乡,东北至巴音郭楞蒙古自治州且末县昆其布拉克牧场,长半轴为508km,短半轴为330km,面积105100km²。本次地震灾害影响范围主要在塔里木盆地南缘,震害以VI度、VII度破坏为主,灾区总面积约128310km²。VII度区内包括于田县阿羌、民丰县叶亦克、策勒县博斯坦和奴尔等4个乡,VI度区涉及于田县、民丰县、策勒县、洛浦县、和田县、且末县的29个乡镇和于田县、民丰县、策勒县的县城及城关镇的6个乡镇单位,灾区共涉及39个乡镇(场)单位,灾区总人口45万余人^①。

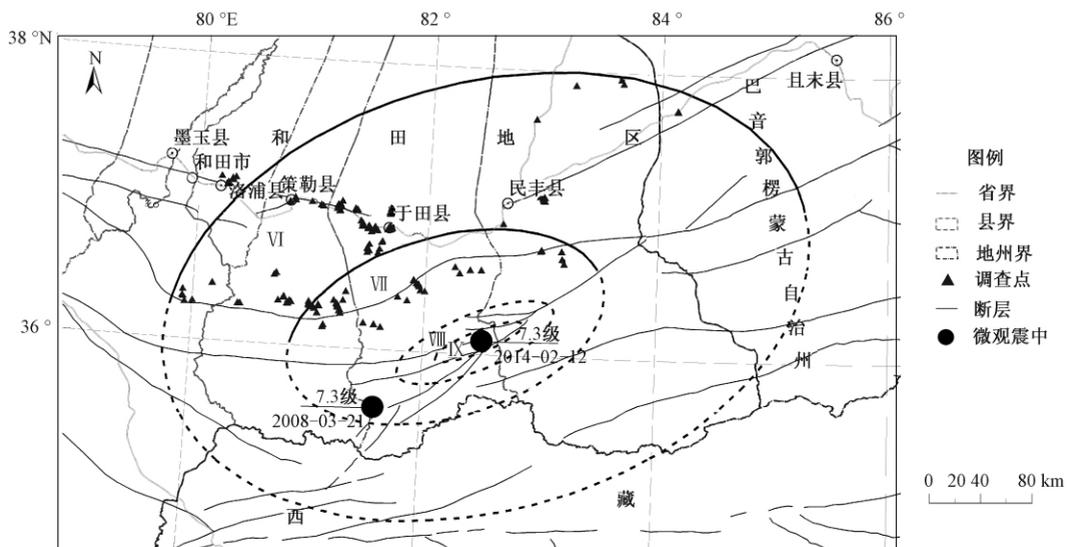


图1 2014年2月12日于田7.3级地震烈度及调查点分布

本次震区地貌单元分为昆仑山中、高山区和昆仑山北麓平原区(图2)。受灾人口主要

^① 中国地震局等,2014,2014年2月12日新疆于田7.3级地震灾害损失评估报告

位于昆仑山北麓平原区,平原区河流呈扇形撒开,冲沟不发育,沉积物颗粒由南向北逐渐变细,靠近山前属于砾质平原区;在 315 国道两侧约 10km 范围(包括策勒、于田和民丰县城),属土质平原区,地下水位也逐渐抬升,形成绿洲;北部为风积平原区,多属移动式沙丘。越靠近山前场地条件越好,Ⅶ度区场地条件主要以基岩或Ⅱ类场地为主,Ⅵ度区场地条件较差,多为Ⅱ类与Ⅲ类场地过渡地带。

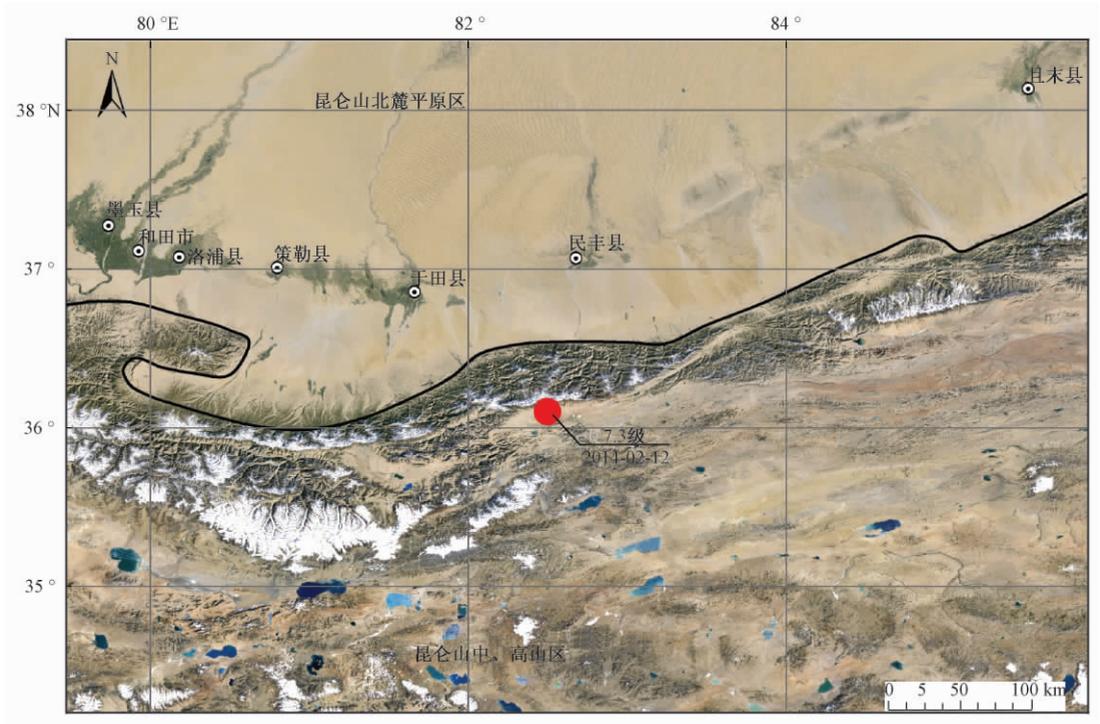


图2 震区地形地貌图

2 震害调查分析

本次地震灾害以房屋震害为主,房屋直接经济损失 8.8 亿元,占总经济损失的 81%。同时,地震对部分农牧业、交通和市政设施等造成一定程度损失。

2.1 房屋震害调查分析

由于Ⅸ度及Ⅷ度区分布在高山无人区,无明显震害分布,为推测烈度,Ⅶ度和Ⅵ度区依据现场调查建筑物震害确定,建筑物震害主要表现为乡镇单层民房和县城多层住宅及公用建筑的破坏。

2.1.1 单层民房

灾区单层民房的结构类型可分为土坯房、木架结构、砖木结构。土坯房包括农村居民的老旧干打垒土墙或土坯砌筑墙体;木架房屋为 2004 年后第一批建设的抗震安居房(周铁刚等,2009),覆盖率较高;砖木结构房屋主要为 2011 年后新疆农村地区开始实施的、按更高标准建设的安居富民房和村委会的部分公共用房。单层民房的震害特点如下:

(1) 土坯房在灾区的乡村中相对普遍,其修建年代较早,自建比例超过 90%。当地黄土砂质含量较高,粘力差,承载能力弱,也容易被风雨侵蚀。土坯墙体由于多年风雨侵蚀,年久失修,在本次地震作用下,烈度Ⅶ度区有 15% 左右的土坯房被毁坏,70% 左右受到破坏,本次地震房屋直接经济损失以该类房屋破坏为主,图 3(a) 为土坯房倒塌。

(2) 木架结构房屋为较早的抗震安居房结构形式之一,木制圈梁和立柱,墙体以木条或树枝编织构成,内外墙附草泥,当地俗称笆子墙房屋。灾区该类抗震房覆盖率较高,于田县基本全覆盖,为减少灾区地震灾害损失,保护群众生命安全发挥了重要作用。该类房屋自重小,结构轻,抗震性能良好,墙体不易产生整体倒塌等破坏。本次地震未造成大面积木架结构房屋的严重破坏,Ⅶ度区仅极少数房屋屋顶、墙角塌落,但该类房屋墙体由于风雨侵蚀和木制老化等原因,草泥与笆子墙粘合度降低,加上灾区多次经历 5 级以上地震,本次灾区Ⅶ度区有 35% 木架房屋的墙体草泥局部或较大面积脱落,减弱了房屋保温性能,影响到正常居住(图 3(b))。

(3) 砖木结构是 2011 年实施安居富民工程的主要结构形式,各县完成情况不一,完成率为 30% ~ 70%。砖木房屋除安居富民房外,还有部分乡镇居民自建及乡镇公用房屋,部分较为老旧。少数居民自建和老旧公用房屋由于年久失修和施工质量较差,产生了轻微甚至中等程度的破坏,Ⅶ度区约有 5% 砖木结构房屋受到严重破坏,10% 的砖木结构房屋受到破坏(图 3(c)、3(d))。

2.1.2 多层砖混结构房屋

多层砖混结构房屋主要集中在县、乡(镇)政府所在地,一般按Ⅵ度设防。震害调查表明,Ⅶ度区内砖混结构房屋部分出现轻微裂缝;Ⅵ度区出现少量轻微裂缝,震害不明显,整体设计合理、施工规范的砖混结构房屋基本保持完好无损。多层砖混房屋虽然震害较轻,但具有一定的普遍特征,即震害主要为门窗洞口墙体上下角斜裂缝、墙体水平裂缝、墙体竖向裂缝、墙体斜裂缝等(图 4)。

2.1.3 多层框架结构房屋

多层框架结构房屋主要集中在各县城区。这次地震中,框架结构主体结构完好,但有不少房屋填充墙产生裂缝以及装饰、装修等非结构构件受到破坏。大量震害实例表明,不同震级、震中距的地震所造成的破坏,即使地震动强度或烈度相同,建筑的破坏特征也不尽相同(彭承光等,2004)。于田县城和民丰县城距离震中约为 110km,影响烈度为Ⅵ度,比震中烈度低Ⅲ度,对于距震中较远的框架结构会产生轻微震害;灾区场地土类别介于Ⅱ、Ⅲ类之间,地基土软弱,在Ⅵ度区该地震同样会对框架结构产生轻微震害。

(1) 框架结构的填充墙裂缝

本次地震中,框架填充墙开裂现象普遍,最主要的原因是填充墙多采用空心砖或者混凝土砌块,使得填充墙的侧向刚度大于框架的侧向刚度,框架结构属于柔性结构,框架柱的变形大,填充墙与框架柱变形不协调,从而导致填充墙产生轻微裂缝(图 5)。

(2) 墙面抹灰及装修等非结构构件受到破坏

抗震规范要求,建筑长度超过 50m 的建筑必须设置防震缝,且沉降缝、防震缝、伸缩缝的设置应做到三缝合一。然而,实际施工中,为了施工方便或者追求立面的美观,往往设置的防震缝宽度不够或采用刚性材料填充,使防震缝两侧墙体的水平位移受到限制,地震时墙



图 3 单层房屋破坏



图 4 多层砖混结构房屋墙体破坏

体抹灰破坏或开裂(图 6(a)、6(b)),类似破坏在砖混结构居住房屋中也普遍存在。装修、装饰工程受到的破坏主要为建筑受地震影响产生结构振动使内外墙瓷砖酥裂和脱落、踢脚线脱落以及吊顶石膏板坠落等(图 6(c)、6(d)),该类破坏多集中于县城用房和居住房屋,主体结构均完好。



图5 框架结构填充缝开裂



图6 墙面抹灰与装饰、装修破坏

2.2 其他设施震害调查

地震还造成灾区农牧业、交通和市政等设施破坏,直接经济损失近2亿元,占总经济损失的19%。农牧业的震害包括羊圈墙体的裂缝、垮塌和牲畜死亡、天然草场滑塌、温室大棚的墙体破坏,而温室大棚的墙体破坏主要表现为墙体的局部倒塌或裂缝。在农牧业损失中

羊圈倒塌和牲畜死亡震害最为严重;交通系统受到的破坏主要是桥梁和管涵发生轻微程度的裂缝以及乡村公路边坡小型滑塌,破坏较轻;市政设施受到的破坏主要是于田县城的供水管网地下埋置主管网出现漏水点、热源地磅抽水井下沉和污水处理厂清水池维护墙开裂等,经维修后仍可继续使用(图7)。



图7 其他主要震害现象

3 破坏性地震对比分析

据历史地震记录,沿阿尔金断裂带曾发生过多级7级以上地震,之前最近的一次是2008年3月21日于田 $M_s7.3$ 地震,震中位于阿尔金断裂西南郭扎错一带,西昆仑和巴颜喀喇地块之间的阿尔金断裂西南端 NE 向张性剪切段附近(徐锡伟等,2011),在此次于田 $M_s7.3$ 地震震中西南约 100km,距离居民聚居区相对较远,地震未造成人员伤亡,造成直接经济损失 1.9 亿元^②。表 1 给出了两次 $M_s7.3$ 地震的重要参数及损失统计。

和田地区两次 $M_s7.3$ 地震震中区均位于昆仑山高寒无人区,受灾地区都以塔里木盆地内 VII 度、VI 度区为主。但由表 1 可知,两次地震的涉及范围和损失程度相差较大,2008 年 $M_s7.3$ 地震 VII 度区长半轴为 123km,短半轴为 72km,面积 27340 km²; VI 度区长半轴为 187km,短半轴为 136km,面积 52080 km²。VII 度区面积与本次地震基本一致,VI 度区面积约

^② 中国地震局等,2008,2008年3月21日新疆于田-策勒7.3级地震灾害损失评估报告

表 1 两次 7.3 级地震的重要参数及损失统计

震害信息	2014 年 2 月 12 日于田 $M_s7.3$ 地震	2008 年 3 月 21 日于田-策勒 $M_s7.3$ 地震
发震时间	2014 年 2 月 12 日 17 时 19 分	2008 年 3 月 21 日 06 时 33 分
微观震中	36.1°N, 82.5°E	35.6°N, 81.6°E
距于田县城距离 (km)	110	140
震源深度 (km)	12	33
发震构造	阿尔金断裂的西段末端	阿尔金断裂与东昆仑断裂西南交汇部
震源机制	左旋走滑	正断
灾区涉及行政区	于田县、民丰县、策勒县、洛浦县、和田县、且末县、和田市 (7 县 39 乡镇 (场))	于田县、策勒县 (2 县 16 个乡)
Ⅶ度区范围	长半轴为 126km, 短半轴为 70km, 面积 23210km ²	长半轴为 123km, 短半轴为 72km, 面积 27340km ²
Ⅵ度区范围	长半轴为 254km, 短半轴为 165km, 面积 105100km ²	长半轴为 187km, 短半轴为 136km, 面积 52080km ²
灾区面积 (km ²)	128310	79420
直接经济损失 (亿元)	10.8	1.9
人均经济损失 (元)	2400	1020
砖混、砖木、土坯房屋造价 (元 / m ²)	1400、1250、500	900、450、290
灾区人口数量 (万人)	45	18.6
伤亡人口	无	无
转移安置人口数量 (人)	54648	61461

为本次地震的一半,长、短半轴比本次地震分别小 67、29km。灾区仅涉及和田地区于田县、策勒县的 16 个乡,灾区总人口 18.6 万,而本次地震灾区总人口为 45 万,灾区范围的变化是造成直接经济损失不同的重要因素。

两次地震受灾范围不同的原因有两方面:一是震中位置和震源深度不同,两次地震震中均位于昆仑山高山区,但 2008 年 $M_s7.3$ 地震距离人口聚居区更远,加之震源较深,灾害的影响范围相比本次地震较小;二是场地条件的影响,震中位于昆仑山区,但人口聚居区主要位于塔里木盆地南缘的山前平原区,主要集中在地基土层软弱、地下水位浅的土质平原区,粉、细砂层厚度达百米以上,导致地震动产生明显的放大作用,震害影响范围较大。这在烈度Ⅶ度区和Ⅵ度区范围上也有所佐证,两次 7.3 级地震Ⅶ度区影响范围均分布在山区,两次地震Ⅶ度区长、短半轴基本一致;但Ⅵ度区就有所不同,本次 $M_s7.3$ 地震更靠近山前塔里木盆地边缘,Ⅵ度区长、短半轴明显增加。

直接经济损失方面,本次地震震中位于 2008 年 $M_s7.3$ 地震震中东北 100km,距离人口聚居区相对较近,影响范围和灾区人口数量都很大,造成直接经济损失 10.8 亿元;2008 年于田 $M_s7.3$ 地震造成直接经济损失 1.9 亿元,差别也较大。但从人均经济损失考虑,本次地震灾区人均直接经济损失为 2400 元,2008 年 $M_s7.3$ 地震为 1020 元。不考虑价格因素,本次地震人均直接经济损失是 2008 年 $M_s7.3$ 地震的 2.4 倍。两次地震发生时间相距 6 年,直接经济损失的变化符合新疆历史地震灾害统计认识,即对于一般和较大地震灾害,灾区人均直接经济损失为 1000 ~ 3000 元^③(其为历史震害直接经济损失的直接统计数据,未考虑

③ 谭明等,2011,新疆破坏性地震灾害特征研究报告

价格上涨等动态因素)。

4 结论与讨论

通过对2014年2月12日于田 $M_s7.3$ 地震烈度分布和主要震害现象的调查整理,并与历史破坏性地震灾害进行对比分析,对该地震的震害特征得到如下认识。

(1) 本次地震灾区房屋结构类型包括土坯房、木架结构、砖木结构、砖混结构和框架结构,但乡村居住房屋多以老旧土坯房、木架结构抗震房为主,砖木结构、砖混结构和框架结构主要为公用房屋的结构形式。地震灾区为经济欠发达地区,基础建设薄弱,灾区乡镇建筑结构类型抗震性能差,存在大量的老旧土坯房屋,老旧土坯房受到的破坏占本次地震灾害直接经济损失的比例较大,其他结构类型房屋的震害相对较轻。

(2) 抗震安居房受到成灾破坏的主要原因是早期建设的抗震安居房以保护生命为首要目的,为保证地震高发区群众早日住进抗震安居房,2004年后第1批建设的抗震安居房选择施工方便和造价相对低廉的木架结构房屋,这批房屋在灾区覆盖率高,在近几年灾区地震频发的情况下发挥了重要的减灾作用。但木架结构—笆子墙房屋耐久性较差,又经历多次地震的影响,随着时间的推移木架结构—笆子墙房屋抗震性能下降较快,而2011年后建设的砖木结构房屋——富民安居房抗震性能相对稳定。因此,新建抗震房应选择安全性和耐久性更好的砖木结构或砖混结构房屋,木架结构—笆子墙抗震安居房作为灾区过渡性房屋结构形式应逐步被淘汰。

(3) 抗震房发挥重要减灾效益。本次 $M_s7.3$ 地震转移安置 54648 人,占灾区总人数的 12%。与 2008 年 $M_s7.3$ 地震相比,两次地震受灾人数和范围都相差较大,但转移安置人数却相差不大,2008 年 $M_s7.3$ 地震转移安置 61461 人,占灾区人数的 33%。由此可见,2004 年开展抗震房建设以来,抗震房占灾区房屋比例的逐渐提高为减少转移安置人口数量和救灾投入发挥了重要作用。

(4) 本次地震距北部盆地边缘人口密集区较近,场地条件为 20m 以上的粉细砂土覆盖层,地下水位浅,地基土层软弱,灾害范围明显增加。通过对比于田两次 $M_s7.3$ 地震在山区以及平原区的受灾范围可知,本次地震的 VI 度区范围大于以往同级地震,软弱场地对地震动的放大作用明显。

(5) 地震灾害的受灾范围决定受灾人口数量,受灾人口数量的多少决定直接经济损失的大小,本次 $M_s7.3$ 地震与 2008 年 $M_s7.3$ 地震震级相同,但受灾范围和受灾人数差别较大。初步认为有如下三方面原因:一是 2008 年 $M_s7.3$ 地震震中距离人口密集区相对较远,与最近自然村的距离比本次地震的多 40km;二是震源深度不同,2008 年于田 $M_s7.3$ 地震震源深度 33km,本次 $M_s7.3$ 地震为 12km;三是场地条件存在差异,本次地震受软弱场地对地震动放大作用的影响,震害范围更大。

参考文献

彭承光、李运贵,2004,场地地震效应工程勘察基础,北京:地震出版社。

徐锡伟、谭锡斌、吴国栋等,2011,2008 年于田 $M_s7.3$ 地震地表破裂带特征及其构造属性讨论,地震地质, 2(33), 462~471。

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,2009,中国地震烈度表(GB/T-17742-2008),北京:中国标准出版社。

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会,2011,地震现场工作(GB/T18208),北京:中国标准出版社。

周铁刚、肖代军、张勇等,2009,新疆抗震安居工程,北京:中国建筑工业出版社。

Hazard investigation and analysis of the Yutian earthquake with M_s 7.3 on February 12, 2014

*Tan Ming Sun Jing Li Shuai Chen Jianbo Wu Chuangyong Yao Yuan Chang Xiangde
Wang Qiong Yiliyar Abuliz*

Earthquake Administration of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, China

Abstract The Yutian earthquake with M_s 7.3 happened on February 12, 2014 and the causative structure is Altun fault. The intensity of meizoseismal area is IX degree which in depopulated area. The 216 investigation points covered the area with intensity of VI, VII degree. The building, municipal facilities, traffic facilities and agriculture of about seven cities, thirty nine villages were destroyed to different degrees in Hotan and Bayinguoleng Mongolian Autonomous Prefecture. The seismic hazard were influenced by site conditions in a large area because this earthquake was closer to the basin than the Yutian earthquake with M_s 7.3 in 2008.

Key words: Yutian, Xinjiang Earthquake with M_s 7.3 Seismic hazard
Investigation analysis