

常想德, 孙静, 谭明, 姚远, 李帅, 罗炬, 陈建波, 2017. 2016年新疆呼图壁6.2级地震房屋震害及成因浅析. 震灾防御技术, 12(1): 1—13. doi: 10.11899/zzyfy20170101

# 2016年新疆呼图壁6.2级地震 房屋震害及成因浅析<sup>1</sup>

常想德 孙静 谭明 姚远 李帅 罗炬 陈建波

(新疆维吾尔自治区地震局, 乌鲁木齐 830011)

**摘要** 对2016年12月8日新疆呼图壁6.2级地震灾区范围内不同结构类型房屋的震害资料进行了整理, 分析了震害原因, 探讨了该次地震中房屋震害的特征, 得到了一些初步结论, 并对地震灾区的恢复和重建提出了相关建议。

**关键词:** 呼图壁地震 房屋结构 震害现象 震害原因

## 引言

北京时间2016年12月8日13时15分, 新疆维吾尔自治区昌吉回族自治州呼图壁县发生6.2级地震(43.83°N, 86.35°E), 震中距离玛纳斯县城54km, 距石河子市区57km, 距呼图壁县城60km。昌吉回族自治州、石河子市、乌鲁木齐市、克拉玛依市等地震感强烈。

本次地震位于北天山山前, 灾区南部为高山无人区, 烈度调查点主要分布在震区北部低山丘陵及冲积平原地带。由中国地震局、新疆地震局及地震系统内共18家单位组成了现场联合震害调查工作队, 对7个县(市)的35个乡镇(镇、场、街道)展开了调查, 共设置182个烈度调查点, 75个抽样点, 顺利完成了地震灾害调查、烈度图编制及发布工作。地震宏观震中位于呼图壁县, 震中海拔1500m。本次地震烈度图等震线长轴呈北西西走向分布, 共划分3个地震烈度区, 其中Ⅷ度区长轴17km, 短轴10km; Ⅶ度区长轴58km, 短轴38km, Ⅵ度区长轴134km, 短轴116km(新疆地震局, 2016a; 2016b)。

本次地震灾区主要涉及昌吉回族自治州昌吉市、呼图壁县、玛纳斯县、塔城地区沙湾县、兵团第八师石河子市以及呼图壁县城、玛纳斯县城、石河子市城区和兵团第六师五家渠市部分区域。地震造成3人轻伤, 造成居民房屋、设施及产业受损, 直接经济损失约27.4亿元<sup>2</sup>。

<sup>1</sup> 基金项目 中国地震局地震应急青年重点任务(CEA\_EDEM\_201620)资助

[收稿日期] 2016-1-12

[作者简介] 常想德, 男, 生于1982年。工程师, 硕士。主要从事工程地震研究。E-mail: changxiangde@163.com。

<sup>2</sup> 新疆地震局, 2016, 新疆呼图壁6.2级地震灾害损失评估报告

## 1 灾区房屋结构类型及震害概况

### 1.1 灾区房屋结构类型

地震主要造成土木、砖木、砖混、框架结构房屋破坏。安居富民房屋抗震性能良好,未造成明显破坏。灾区各结构类型房屋基本特征如下:

#### 1.1.1 土木结构房屋

该类房屋多数分布在农村、乡(镇)、团场、县城城中村及城乡结合部。该类型房屋墙体多为土坯砌筑,少数房屋墙体为粘性土夯打密实而成,有部分土坯墙体外侧加砌粘土砖墙(土坯墙和砖墙之间没有有效可靠的连接,属于典型的砖包皮墙体),还有一些房屋土坯墙体内含木柱。此类房屋多为木檩条的硬山搁檩式建筑。

#### 1.1.2 砖木结构房屋

该类型房屋在农村、乡(镇)、团场政府驻地及灾区县城内均有分布,多为居民自建房,房屋墙体为粘土砖砌筑,无圈梁及构造柱等抗震措施,多为硬山搁檩式,与墙体间无可靠连接措施。

#### 1.1.3 砖混结构房屋

该结构类型房屋主要集中在县、乡(镇)政府及兵团团部、连部所在地,少数为厂矿企业生产及住宿用房。房屋承重墙采用粘土砖砌筑,楼房屋盖为预制混凝土板或现浇混凝土板。公用房屋及县、乡(镇)、团场内的多层砖混房屋一般进行了抗震设防,设置了圈梁、构造柱等抗震构造措施(雷四军,2012),且施工质量较好,虽然依据的抗震设计规范版本不同,但抗震性能相对较好(谭明等,2012)。而单层砖混结构民居房屋多数为未经抗震设防的自建房,泥浆砌筑,材料强度和砌体整体强度很低,部分房屋建造年代久远,施工质量差,缺乏抗震构造措施,抗震性能较差。

#### 1.1.4 框架结构房屋

框架结构房屋主要集中分布在县城及城市城区,此外在乡(镇)、兵团团部驻地及厂矿企业也有该结构类型房屋。其由钢筋混凝土梁柱等构件组成承重体系,具有平面布置灵活、可任意分割房间、容易满足生产工艺和使用要求、框架结构自身重量轻、能有效减小地震作用等优点。设计合理的框架结构房屋抗震性能一般较好,具有很好的延性(许凯明,2012)。

#### 1.1.5 安居富民房屋

安居富民房主要分布在农村,多数为在居民原宅基地上新建,部分为集中成片建设。2004年新疆开始实施城乡抗震安居工程(张勇,2006),2011年开始按照“高起点规划、高水平建设、高效益配套”的要求建设。每户不低于 $80\text{m}^2$ ,户型实用、耐用、设施齐全,同时反映地域特色和文化内涵的安居富民房。为确保安居工程房屋能达到抗震要求,各级政府和相关部门采取了一系列管理和技术措施,并为建房户提供指导和服务。单层房屋主要以砖木结构、砖混结构为主,多层房屋以砖混结构为主。随着建设任务的逐年完成,砖木结构与砖混结构房屋比例迅速扩大,将成为新疆农村地区房屋的主要结构类型<sup>1</sup>。该类型房屋抗震措施满足设防要求,抗震性能良好,在本次地震中未见明显破坏。

1 谭明,余聪杰,孙静等,2013,新疆抗震安居房震害矩阵初步研究

## 1.2 房屋震害概况

本次地震共划分 3 个烈度区，在各烈度区内不同结构类型房屋的破坏程度及破坏形式也不尽相同，影响因素有建筑材料、施工质量、建筑年代以及是否有抗震措施等。灾区受损严重的房屋主要为土木结构房屋、老旧砖木、砖混结构房屋。框架结构房屋在本次地震中也有轻微破坏，主要表现为填充墙及附属装饰装修工程的破坏。安居富民房在本次地震中表现良好，无毁损。表 1 为灾区民居各结构类型房屋破坏比汇总表。需要说明的是，因砖混结构民居房屋在Ⅷ度区及Ⅶ度区内分布较少，且绝大多数为泥浆砌筑，砌体整体强度很低，抗震能力很差，将其归入砖木结构进行破坏比计算；高烈度区内框架结构房屋多数为厂矿企业用房，数量较少，分布较为分散，针对此类厂矿企业用房采取逐一调查，未进行破坏比计算。

表 1 灾区民居各结构类型房屋破坏比 (%)

Table 1 Damage ratio of different types of building in earthquake effected area (%)

结构类型	烈度区	毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好
土木结构	Ⅷ度区	4.2	20.4	37.1	26.3	12.0
	Ⅶ度区					
	Ⅵ度区	2.6	6.3	26.5	44.6	20.0
砖木结构	Ⅷ度区	3.5	17.4	32.6	31.4	15.1
	Ⅶ度区					
	Ⅵ度区	1.7	5.1	23.9	45.9	23.4
砖混结构	Ⅵ度区	0	0	0	4.9	95.1
框架结构	Ⅵ度区	0	0	0	11.2	88.8
安居富民房	Ⅷ度区	0	0	0	0	100
	Ⅶ度区					100
	Ⅵ度区					100

由表 1 可见，Ⅷ度与Ⅶ度区内土木结构房屋破坏最为严重，其次为砖木结构房屋。在Ⅵ度区内土木结构房屋仍有 80% 出现破坏，砖木结构房屋有 6.8% 遭到严重破坏或毁坏，砖混结构和框架结构类型房屋多数为基本完好，仅少数出现轻微破坏，安居富民房屋未出现破坏。说明经过技术指导和建设管理的房屋抗震性能得到了很大的提高。

## 2 不同结构类型房屋震害及成因分析

### 2.1 土木结构房屋

土木结构房屋破坏形式多样，在Ⅷ度及Ⅶ度区内，土木结构房屋 88% 受损，其中约 25% 严重损坏成为危房导致无法居住，63% 受到一定破坏，需要经过修复才能使用。在Ⅵ度区内，土木结构房屋 80% 受损，其中约 9% 严重损坏成为危房导致无法居住，71% 受到一定破坏，需要经过修复才能使用。土木结构房屋主要震害特征有以下几方面。

#### 2.1.1 墙体、屋顶局部坍塌

在Ⅷ度区内，个别土木结构房屋出现墙体局部倒塌的现象，倒落墙体长约 2m (图 1 (a))。在Ⅶ度区内的破坏形式主要为屋顶苇席及房泥塌落 (图 1 (b))、房屋外墙角或外纵墙与横墙

结合部小规模塌落（图 1（c））、砖包皮房屋前纵墙外砌砖墙上部与屋檐一同大面积塌落（图 1（d））。

成因：此类房屋结构是典型的脆性结构，承重墙体多为夯土墙或土坯墙，屋顶由木梁及苇席、稻草等简陋防水材料组成，建筑材料强度低，无任何抗震构造措施，屋面和墙体之间缺乏有效连接，房屋整体性很差。在水平地震力作用下，整个屋面产生推力破坏承重外墙（葛鸣等，2012；王永亮等，2014）。土木结构房屋大多数建设年代较早，年久失修，地震前一天遭遇强降雨夹雪天气影响，也是这次地震中土木结构房屋出现严重破坏较多的原因之一。



(a) 雀尔沟镇雀尔沟村三片区民房；(b) 雀尔沟镇雀尔沟村一片区民房；  
(c) 雀尔沟镇民房；(d) 雀尔沟镇西沟村二片区民房（典型砖包皮土坯房）

图 1 土木结构房屋墙体、屋顶局部坍塌

Fig. 1 Partial collapse of wall and roof of mud-wood house

### 2.1.2 门窗洞角裂缝及洞口间墙体剪切裂缝

该结构类型房屋门窗洞角破坏类型主要为斜裂缝（图 2（a））及竖向裂缝（图 2（b）），部分房屋门洞角斜裂缝延伸至纵横墙结合部造成开裂（图 2（a））。个别房屋内墙体门洞角出现贯穿型“X”型剪切裂缝与斜向裂缝（图 2（c））。

成因：门窗洞口上未设置过梁，或者仅放置窄细木条，搭接长度不够，不能起到过梁的作用。土坯墙体本身强度低，砌筑用泥浆强度也非常低，地震来袭，造成局部应力集中，产生洞口上部角部墙体出现裂缝（谭明等，2012；常想德等，2012）。Ⅷ度区内个别房屋洞口间墙体尺寸过窄，墙体洞口角部之间形成贯穿裂缝，洞边较窄的横墙出现贯穿型“X”型剪切裂缝。

### 2.1.3 承重墙体破坏

承重墙体破坏主要分两种类型。一是纵横墙交接处开裂及纵墙外闪，这种破坏类型主要分布在Ⅷ度与Ⅵ度区内。纵横墙结合部墙角出现竖向贯穿裂缝，有些房屋纵墙后闪拉动横墙与门洞间出现斜向裂缝（图 2（d）），部分房屋出现后纵墙向外倾斜，造成沿横墙与纵墙间出现贯穿竖向裂缝（图 2（e））。

二是墙体竖向裂缝，这种破坏类型多数分布在Ⅵ度区内，Ⅶ度区较少，多为老旧裂缝加宽加大。主要为房屋横墙墙体竖向裂缝，部分裂缝由屋面至地面贯通。少数房屋竖向裂缝向火墙洞角延伸并沿门洞附近分布（图 2（f）、（g））。

成因：房屋四角、纵横墙交接处未设置构造柱，或在砌筑时未在墙体交接处咬槎搭砌，纵横墙间无有效拉结。屋面檩条或大梁简单搁置于土墙墙顶（硬山搁檩），梁下无梁垫，梁下墙体无暗柱或壁柱（谭明等，2012），墙体局部受压造成竖向裂缝。在地震动作用下，已裂缝墙体产生应力集中现象，竖向裂缝宽度普遍加大。



(a) 雀尔沟镇克孜勒塔斯村阿克西片区民房；(b) 雀尔沟镇民房；  
(c) 雀尔沟镇雀尔沟村三片区民房；(d) 塔西河乡西黄台子村民房；(e) 106 煤矿职工住宿用房；  
(f) 雀尔沟镇霍斯铁列克村民房；(g) 玛纳斯县北城社区民房

图 2 土木结构房屋门窗洞角及墙体裂缝

Fig. 2 Cracks around doors, windows and load bearing walls of mud-wood houses

### 2.1.4 女儿墙及屋檐等非承重构件损坏

在Ⅶ度区内的主要破坏形式为女儿墙局部倒塌（图 3（a））或外闪（图 3（b）），屋檐角小规模塌落（图 3（c））、烟囱倒塌（图 3（d）），在Ⅵ度区内，主要为外墙墙皮脱落（图 3（e））。

成因：由于女儿墙过高或缺乏有效拉结造成鞭梢效应明显，致使其出现倒塌或外闪等（唐丽华等，2007）；屋面及屋檐未做好防水，常年受雨水侵蚀导致木材强度下降，地震时雨檐下木过梁折断造成局部塌落（图 3（c））。

## 2.2 砖木结构房屋

在Ⅶ度区内，砖木结构房屋 85% 受损，其中 21% 严重损坏成为危房，无法居住，64% 受到一定破坏，需要经过修复才能使用，在Ⅵ度区内，砖木结构房屋 77% 受损，其中 7% 严重损坏成为危房，无法居住，70% 受到一定破坏，需要经过修复才能使用。砖木结构房屋主要震害特征如下：



(a) 雀尔沟镇西沟村二片区民房；(b)、(c)、(d) 雀尔沟镇霍斯铁列克村民房；  
(e) 乐土驿镇上庄子村民房

图3 土木结构房屋女儿墙及屋檐等非承重构件损坏

Fig. 3 Damage of parapet, eaves and non-load bearing of mud-wood houses

### 2.2.1 门窗洞角裂缝

在灾区范围内砖木房屋破坏主要为门窗洞角斜裂缝（图4(a)、(b)）。部分房屋门洞角斜裂缝延伸至纵横墙结合部，造成其开裂（图4(a)）。在VI度区内，少数房屋出现横向裂缝，裂缝延伸长2—3m（图4(c)）。

成因：门窗洞口上未设置过梁，或者过梁延伸较短，不能起到相应的作用；部分房屋屋面梁直接置于洞口上方，或者洞口以上45°范围内（图4(b)），少数房屋墙体用粘土作为粘结剂砌筑而成，本身强度低，地震来袭，造成局部应力集中，使洞口上部角部墙体出现裂缝。受开洞高低影响在VI度区内个别房屋形成沿门洞至火墙洞角的横向裂缝（图4(c)，火墙也是受力墙体开洞的一部分，形成洞口）。

### 2.2.2 墙体裂缝

主要表现为房屋横墙墙体竖向裂缝（图4(d)），少数为横向裂缝（图4(e)），个别为向门洞延伸的斜向裂缝（图4(f)）。

成因：屋面檩条或大梁简单搁置于砖墙墙顶（硬山搁檩），梁下无梁垫，地震动作用使梁下墙体局部受集中荷载作用，产生竖向裂缝。部分房屋窗间墙过窄，在地震力作用下产生横向裂缝。有些房屋受地基沉降影响墙体本身已存在竖向裂缝，在地震力作用下裂缝加宽。

### 2.2.3 纵横墙交接处裂缝

这种破坏类型主要为纵横墙结合部墙角局部出现竖向裂缝（图4(g)、(h)、(i)），部分房屋沿墙角出现斜向裂缝（图4(i)）。

成因：房屋四角、纵横墙连接处未设置构造柱，或在砌筑时未在墙体交接处咬槎搭砌，纵横墙间无有效拉结。

## 2.3 砖混结构房屋

灾区范围内，出现破坏的砖混结构（单层或多层砌体）民房主要集中在VI度区内，在高烈度区内的该类型房屋多为厂矿企业生产及居住用房。砖混结构房屋主要震害特征如下。





(a)、(b) 雀尔沟镇霍斯铁列克村民房；(c) 大丰镇联丰村民房；(d) 阿什里镇胡阿根村民房；(e) 雀尔沟镇民房；  
(f) 大丰镇红山村民房；(g) 雀尔沟镇民房；(h)、(i) 玛纳斯镇上二工村民房

图 4 砖木结构房屋震害现象

Fig. 4 Earthquake damage of brick-wood houses

### 2.3.1 墙体贯穿裂缝

这类破坏主要出现在Ⅷ度区与Ⅶ度区内，从空间分布位置看，主要分布在Ⅶ度等震线长轴附近。Ⅷ度区震中附近的单层砖混房屋墙体出现斜向与横向剪切贯穿裂缝（图 5 (a)、(b)、(c)），“X”型剪切裂缝朝向门窗洞口角部。在Ⅶ度等震线长轴方向，靠近Ⅷ度区附近的塔西河石门子水库，一个砖混底层框架结构的闸井室下部混凝土框架结构未出现破坏，上部砖混结构的南东侧山墙上可见贯通的“X”型裂缝（图 5 (d)、(e)），北西侧山墙可见贯通的斜裂缝和水平裂缝（图 5 (f)），两道纵墙上可见长 2—3m 的水平裂缝，在该地点附近的其他砖混结构房屋完好。

成因：砖混结构承重墙属于脆性材料，砌筑而成的结构也属脆性（刘秦等，2015），屋顶重量大。早期建造的该类房屋无合理的抗震构造措施，门窗开洞位置不合理，地震来袭，致使整个屋面在水平晃动时产生的横推力靠外墙承担，裂缝朝向门窗洞口及墙角等应力集中部位破裂延伸。底框结构房屋外形单挑高耸，受地震作用造成上部鞭梢效应明显，致使上部砖混结构墙体形成剪切贯穿裂缝（图 5 (d)、(e)）。

### 2.3.2 门窗洞口裂缝

主要为门窗洞口斜裂缝及竖向裂缝（图 6 (a)、(b)、(c)、(d)、(e)），主要分布在Ⅷ度及Ⅶ度区内，Ⅳ度区内主要为老旧裂缝加宽（图 6 (f)）。

成因：地震使墙体变形造成局部应力集中，导致洞口角部墙体出现裂缝。不对称设计的房屋因开窗过多，窗间墙过窄，造成多数窗间墙出现斜向及竖向裂缝（图 6 (a)）。



(a)、(b)、(c) 西沟变电站办公楼（雀儿沟镇雀尔沟村三片区附近）；(d)、(e)、(f) 塔西河石门子水库闸井室

图5 砖混结构房屋墙体裂缝

Fig. 5 Wall cracks of brick-concrete buildings

### 2.3.3 墙体裂缝

主要为房屋墙体竖向裂缝（图6（g）），横向裂缝（图6（h））及斜向裂缝（图6（i））。

成因：混凝土预制梁简单搁置于砖墙墙顶，梁下无梁垫，地震动作用使梁下墙体局部受集中荷载作用，产生竖向裂缝。房屋窗间墙过窄，加之房屋受地基沉降影响整体后倾，在地震力作用下产生横向裂缝。部分房屋层高相对较高，受水平地震力作用容易产生斜向剪切裂缝。



(a) 丰源煤矿生产调度办公楼（三层砖混结构）；(b)、(c) 为图(a)同一窗角屋外及屋内照片；

(d)、(e) 106 煤矿 35kV 变电站；(f) 大丰镇联丰村民房；

(g) 呼图壁河达拉拜发电站；(h) 白杨树煤矿职工宿舍；(i) 小甘沟煤矿办公楼

图6 砖混结构房屋门窗洞口及墙体裂缝

Fig. 6 Cracks of doors and windows of brick-concrete buildings



### 2.3.4 过梁、预制板等屋顶构件损坏

地震造成房屋过梁出现竖向轻微裂缝（图 7（a）），楼顶预制板间出现裂缝（图 7（b）），屋顶与墙体结合部位出现裂缝（图 7（c））。

成因：灾区内部分房屋为当地居民根据经验自建，缺乏相关抗震设计指导，房屋进深及开间过大，可以看出在地震力作用下混凝土梁出现可见竖向裂缝并明显向下弯曲变形。预制板未座浆，与墙体粘结度不够，现浇屋顶与墙体间粘结不够，在地震力作用下其结合部位出现裂缝。

### 2.3.5 女儿墙等非承重构件损坏

在Ⅷ度区内主要损坏形式为女儿墙斜向裂缝及其与楼顶板间结合部位横向贯穿裂缝（图 7（d））、外墙装饰瓷砖及窗户玻璃破裂（图 7（e））。在Ⅵ度区内主要为房屋外保温层裂缝（图 7（f））、屋内墙皮脱落、塑钢窗角裂缝及暖气管道变形漏水。

成因：由于女儿墙过高或缺乏有效拉结造成鞭梢效应明显；屋顶防水未做好，女儿墙根部常年受雨水侵蚀导致材料强度下降，地震致使其与屋顶结合处出现裂缝；房屋装饰瓷砖与墙体间粘结度不够；地震作用下墙体变形造成窗洞口应力集中，致使窗户玻璃破裂。



(a) 雀尔沟镇自建民房；(b) 东湾镇下戈壁村民房；(c) 包家店镇塔西河村民房；  
(d) 丰源煤矿行政办公楼；(e) 鸿新白杨沟煤矿办公楼；(f) 玛纳斯县康宁社区民房（多层）

图 7 砖混结构房屋墙体、屋顶及非承重构件破坏

Fig. 7 Damage of wall, roof and non load bearing of brick-concrete buildings

## 2.4 框架结构房屋

出现破坏的该类型房屋多数为社会公用房屋，少数为居民住房。本次地震中未见框架主体结构出现破坏，但地震造成一定数量的填充墙被破坏，同时室内的设施、设备大量塌落，造成一定的灾害损失。框架结构房屋主要震害特征如下。

### 2.4.1 填充墙裂缝

该类型破坏主要在Ⅶ度区出现，Ⅵ度区内较少。Ⅶ度区内主要表现为填充墙“X”型剪切裂缝（图 8（a）、（b）），但梁柱未出现破坏（图 8（c））；门窗洞口剪切或斜向裂缝（图 8（d）、（e））。Ⅵ度区内主要为墙体斜向裂缝（图 8（f））。

成因：填充墙多采用空心砖或者混凝土砌块，填充墙的侧向刚度大于框架，框架结构属于柔性结构，框架柱的变形大，填充墙的变形小，在水平向地震力作用下，填充墙与框架是共同作用的，由于填充墙早期刚度大，吸收了较大的地震作用，然而因墙体受

剪承载力低, 变形能力小, 墙体与框架缺乏有效的拉结, 在往复变形时墙体易发生剪切破坏(孙静等, 2014; 许凯明, 2012)。填充墙与砌体结构房屋的震害现象相近, 在地震力作用下门窗洞角应力集中部位产生破坏。部分建筑层高较高, 易出现斜向裂缝(图 8 (f))。

#### 2.4.2 填充墙与梁柱结合部裂缝

该类型破坏现象在灾区Ⅶ度区与Ⅵ度区内均有出现。Ⅶ度区内该类房屋分布较少, 多为厂矿企业用房(图 8 (g))。Ⅵ度区内填充墙与梁柱结合部位出现裂缝的现象较为普遍(图 8 (h)、(i))。

成因: 填充墙与框架梁柱属力学性能不同的建筑材料, 建造时拉结不足, 在地震作用下, 相互变形不协调, 导致裂缝出现。



(a)、(b)、(c) 神华天电矿业有限公司办公楼; (d) 雀尔沟镇政府办公楼; (e) 106 煤矿办公楼;  
(f) 沙湾县东湾镇政府办公楼; (g) 106 煤矿办公楼; (h) 包家店镇社会服务站; (i) 石河子市第九中学教学楼

图 8 框架结构房屋填充墙及填充墙与梁柱结合部位裂缝

Fig. 8 Craze of filling wall and beam column binding sites of frame structure buildings

#### 2.4.3 地面沉降、装饰工程及器物破坏

受地基的影响个别房屋(神华天电矿业有限公司食堂)出现地面沉降, 造成地砖破裂(图 9 (a)), 框架结构房屋内墙装修采用的瓷砖出现酥裂和脱落(图 9 (b))。附属墙体塌落(图 9 (c))、屋内吊顶塌落(图 9 (d))、窗户玻璃破裂(图 9 (e))及屋内餐桌在地震动作用下酥碎破裂(图 9 (f))。

成因: 地基处理不当, 基础下沉。装饰瓷砖、附属填充墙粘结强度不够、吊顶不牢固, 加上强烈地震动影响, 出现破坏。

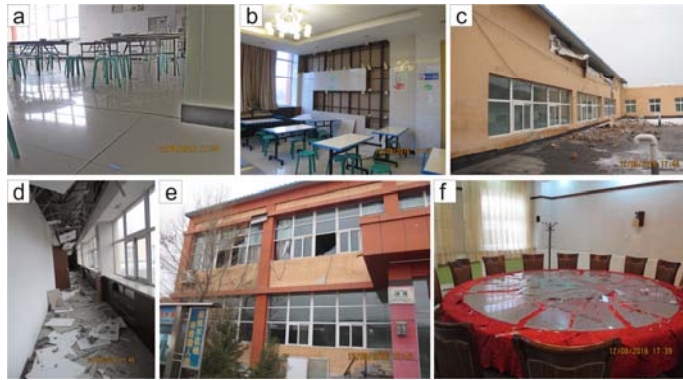


图 9 框架结构房屋地面沉降、装饰工程及器物破坏

Fig. 9 Damage of ground subsidence and decoration engineering of frame structure buildings

### 3 认识与建议

(1) 本次地震灾区人口及房屋密集区主要为Ⅵ度区，Ⅷ度区内土木结构、老旧砖木及砖混结构房屋分布相对分散。高烈度区的土木结构房屋出现局部坍塌及贯穿墙体的“X”剪切裂缝，老旧砖木结构房屋的破坏以门窗洞口开裂为主，老旧砖混结构房屋出现剪切裂缝致墙体酥碎破裂，框架结构房屋主要为填充墙体开裂及室内装修工程损坏。

(2) 抗震安居房和安居富民工程的开展为保护灾区群众生命财产安全发挥了重要作用。在新疆近些年的地震中（如：2012 年 6 月 30 日新疆新源、和静交界 6.6 级地震，2014 年 2 月 12 日新疆于田 7.3 级地震，2015 年 7 月 3 日新疆皮山 6.5 级地震）安居富民房在减少人员伤亡及灾害损失方面的效果较为突出（常想德等，2012；李帅等，2014；刘军等，2016）。2011 年后开工的按高要求建设的安居富民房均未受到破坏，抗震性能良好（图 10 (a)，(b)，(c)）。本次地震灾区安居富民房覆盖率达 80%，为减少人员伤亡和抗震救灾资金投入发挥了重要作用。



(a) 雀尔沟镇（左侧为安居富民房屋，完好未出现破坏；右侧为老旧土木结构房屋，前纵墙前倾山墙开裂，屋内承重墙体多数开裂）；

(b) 雀尔沟镇霍斯铁列克村；(c) 阿什里镇努加尔村

图 10 灾区安居富民房

Fig. 10 Buildings constructed under “Urban and Rural Anti-earthquake Project”

(3) 本次地震中，房屋震害受场地影响明显，近场区刚性结构房屋及远场区框架柔性结构房屋震害明显，填充墙普遍出现破坏。

(4) 框架结构房屋抗震性能良好，在本次地震中主体结构均完好，但是填充墙破坏具有普遍性。建议今后建筑设计及施工中对填充墙材料进行选择时，除了考虑其隔断功能，还应

考虑其与主体结构协调变形问题,从而减轻因填充墙破坏导致的经济损失。

(5) 农村简易结构及自建砌体结构房屋缺乏必要的抗震构造措施,房屋整体性差,部分房屋因地基沉降出现破坏,建议加强农村地区新建建(构)筑物选址规划、宣传,普及抗震防灾知识及提供建房技术指导和服务。

(6) 恢复重建过程中应进一步加大安居富民房的建设力度,实现全覆盖,对于老旧未拆除的功能用房,建议政府采取资金引导等方式,鼓励建设抗震性能更好的辅助用房。

**致谢:** 本文中的房屋调查资料来自于新疆呼图壁 6.2 级地震现场工作队,感谢新疆呼图壁 6.2 级地震现场应急队全体工作人员的辛勤工作。

## 参考文献

- 常想德,谭明,阿里木江·亚力昆等,2012. 新疆新源、和静交界  $M_S$  6.6 地震灾害损失评估和震害特点. 内陆地震, **26** (4): 373—380.
- 常想德,阿里木江·亚力昆,高朝军等,2012. 2012 年 1 月 8 日新疆和硕 5.0 级地震灾害损失评估及震害特点分析. 内陆地震, **26** (3): 279—285.
- 葛鸣,谭明,常想德等,2012. 新疆新源、和静交界  $M_S$  6.6 地震房屋建筑和震害特征分析. 内陆地震, **26** (4): 360—364.
- 雷四军,2012. 6.4 级地震对多层砌体结构的震害特征分析. 科学技术与工程, **12** (5): 1188—1190, 1194.
- 李帅,陈建波,罗炬等,2014. 以新疆于田 2 次  $M_S$  7.3 地震为例探讨安居富民工程的减灾作用. 内陆地震, **28** (2): 127—132.
- 刘军,刘爱文,孙甲宁等,2016. 2015 年 7 月 3 日新疆皮山  $M_S$  6.5 级地震震害特征分析. 震灾防御技术, **11** (3): 647—655.
- 刘秦,王涛,2015. 多层砌体结构房屋震害分析及抗震设计要点. 城市建筑, (21): 65.
- 孙静,伊力亚尔·阿不力孜,谭明等,2014. 2014 年新疆于田  $M_S$  7.3 地震房屋震害分析. 内陆地震, **28** (2): 113—120.
- 谭明,唐丽华,吴国栋等,2012. 新疆尼勒克、巩留交界  $M_S$  6.0 地震灾害损失评估与房屋震害特征. 内陆地震, **26** (3): 209—220.
- 唐丽华,尹力峰,2007. 新疆巴楚-伽师 6.8 级地震极灾区砖结构房屋震害特点及分析. 内陆地震, **21** (3): 238—243.
- 王永亮,杨巧红,何忠茂等,2014. 7·22 地震灾后农村房屋震害调查与分析. 工程抗震与加固改造, **36** (3): 128—133.
- 新疆维吾尔自治区地震局,2016a. 关于新疆呼图壁县 6.2 级地震应急情况(一) // <http://www.eq-xj.gov.cn/dzpd/dszd/dzztby1/dsyj/14754.htm>.
- 新疆维吾尔自治区地震局,2016b. 新疆呼图壁 6.2 级地震烈度图正式发布 // <http://www.eq-xj.gov.cn/dzpd/dszd/dzztby1/jdgz/17257.htm>.
- 许凯明,2012. 钢筋混凝土框架结构房屋震害分析及抗震措施研究. 科技视界, (17): 191—193.
- 张勇,2006. 新疆农村抗震民居房屋结构类型及应用. 震灾防御技术, **1** (4): 359—364.

# Study on Earthquake Damages by the 2016 Hutubi $M_S$ 6.2 Earthquake

Chang Xiangde, Sun Jing, Tan Ming, Yao Yuan, Li Shuai, Luo Ju and Chen Jianbo

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

**Abstract** Based on the field investigation of the building types and their earthquake damage caused by the Hutubi  $M_S$  6.2 earthquake of December 8, 2016, we analyzed the damage characteristics and causes of different types of buildings. In conclusion, we put forward some suggestions for the restoration and reconstruction in the earthquake effected area in future.

**Key words:** Hutubi earthquake; Building structure; Earthquake damage; Damage causes