

罗炬, 陈建波, 常想德, 李帅, 孙静, 姚远, 2017. 2016 年 12 月 8 日新疆呼图壁 M_S 6.2 地震烈度分布初探. 震灾防御技术, 12 (1): 24—30. doi: 10.11899/zzyfy20170103

2016 年 12 月 8 日新疆呼图壁 M_S 6.2 地震烈度分布初探

罗 炬 陈建波 常想德 李 帅 孙 静 姚 远

(新疆维吾尔自治区地震局, 乌鲁木齐 830011)

摘要 根据 182 个烈度调查点的结果, 结合余震序列分布、震源机制解和地震构造分析, 编制呼图壁 M_S 6.2 地震烈度图。极震区烈度为 VIII 度, 等震线长轴走向为 EW 向, 发震构造为清水河子断裂。

关键词: 新疆呼图壁 损失比 震害指数 地震烈度

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¹, 微观震中位于 43.83°N , 86.35°E , 震源深度 6km。震中海拔 1500m, 距离呼图壁县城约 60km, 距离玛纳斯县城 54km, 距离石河子市 57km, 昌吉回族自治州、石河子市、乌鲁木齐市、克拉玛依市等多地震感强烈。地震发生后, 地震系统 18 个联动单位共计 40 名专业队员以及新疆地震局派出的 51 人组成地震现场工作队赶赴灾区, 并开展震情监视、余震趋势判定、灾害损失调查、烈度评定等工作。在指挥部的统一安排下, 工作队人员分批分组, 历时 6 天, 累计行程 20000km 以上, 对灾区 7 个县(市) 35 个乡镇(镇、场、街道) 展开调查, 共设置了 182 个烈度调查点, 为编制烈度图提供基础资料。

1 地震活动性

1.1 地震序列

据新疆地震台网测定, 截至 2016 年 12 月 12 日 0 时, 共记录到呼图壁 6.2 级地震的余震 1329 次。其中, 4.0—4.9 级 3 次, 3.0—3.9 级 10 次, 最大余震为 4.0 级(图 1)。地震序列呈近 EW 向展布, 与近 EW 走向的清水河子断裂走向一致, 主震位于清水河子断裂附近。

1.2 震源机制解

根据 USGS 给定的该地震的震源机制解(表 1)可知, 该地震主压应力 P 轴方位为北北西向 (357°), 倾角 26° , T 轴倾角 64° , 震源断错类型为逆断层, 断层面走向与清水河子断裂总体走向基本一致(图 2), 结合清水河子断裂带的构造可判断出此次地震的断层面为节面 II (表 1)。

[收稿日期] 2016-01-25

[作者简介] 罗炬, 男, 生于 1981 年。工程师, 硕士。主要从事工程地震研究。E-mail: luoju82@sina.com

1 <http://news.ceic.ac.cn/CC20161208131503.html>

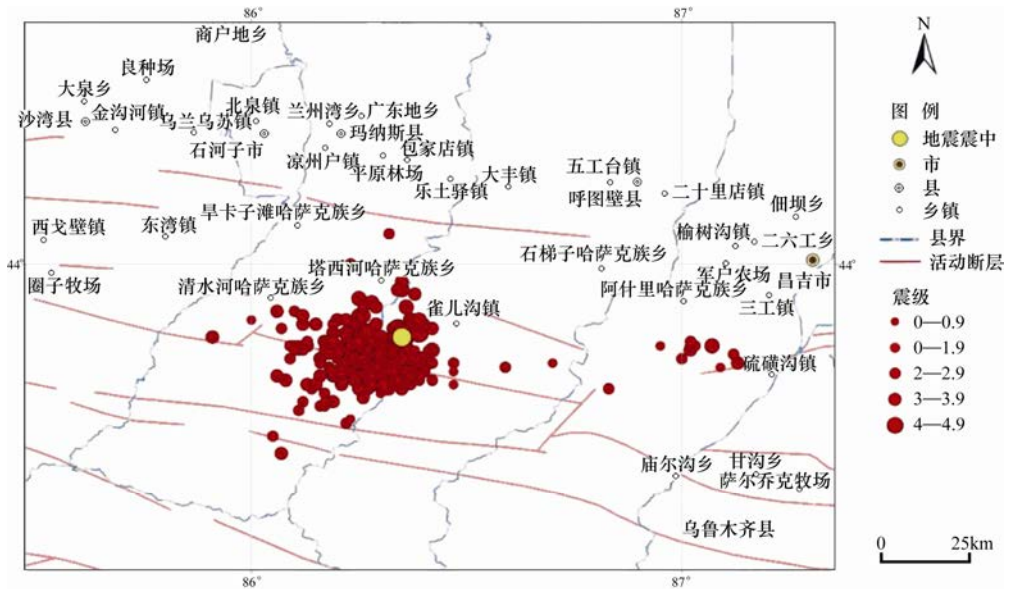


图 1 2016 年 12 月 8 日呼图壁 6.2 级地震余震序列分布图 (现场工作队)

Fig. 1 The aftershock sequence of the Hutubi M_S 6.2 earthquake on December 8, 2016

表 1 2016 年 12 月 8 日呼图壁 6.2 级地震震源机制解参数

Table 1 The focal mechanism solution of the Hutubi M_S 6.2 earthquake

研究单位或研究者	节面 I /°			节面 II /°			矩震级	深度/km
	走向	倾角	滑动角	走向	倾角	滑动角		
USGS	80	19	81	269	71	93	6.0	30.5

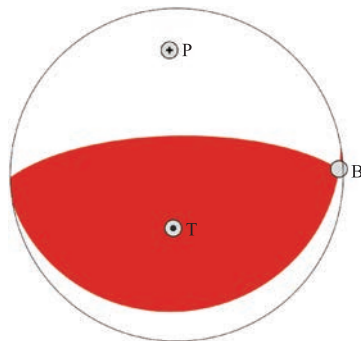


图 2 呼图壁 6.2 级地震震源机制解

Fig. 2 The focal mechanism solution of the Hutubi M_S 6.2 earthquake

2 发震构造

震区位于北天山断裂褶皱带, 是横跨中国新疆-中亚地区的天山造山带的北部分支。天山造山带主要是海西期 (古生代) 板块构造运动的产物, 随着古近纪以来印度板块持续向欧亚

板块发生陆-陆俯冲碰撞,天山造山带继承性地全面活动,表现为天山山体的整体隆升和山前沉积了巨厚层磨拉石建造,尤其是在新近纪—第四纪,天山造山带活动尤为强烈。此次地震震区主要位于北天山高山与中低山交界地带,在构造上属于乌鲁木齐山前坳陷南缘,坳陷区内发育着3排近EW走向的褶皱断裂带,由南向北分别为齐古晚更新世褶皱断裂带、玛纳斯-吐鲁鲁全新世褶皱断裂带和独山子-安集海全新世褶皱断裂带。这些褶皱断裂带在上地壳由断坡、断坪、断裂扩展褶皱等构成复杂的推覆构造,并最终归并于南侧的清水河子断裂带上。清水河子断裂带是北天山断裂褶皱带古生界与新生界之间的分界断裂,全长280km,总体走向280°,断面南倾,倾角45°—75°,属全新世逆冲活动断裂。该断裂带虽然在图中表示为1条断层(图3),但实际上是宽度为4—6km的多条平行展布的、向南陡倾的叠瓦状逆断层组成的断裂带,微观震中和调查的宏观震中都位于该断裂带的中部。其西段发生过1906年玛纳斯7.7级地震,而本次地震发生于断裂带的东段,与西段1906年地震造成的滑坡、堰塞湖等地震地质灾害集中发育地带相距大于40km,表明了该地震带在沉寂了110年后发生了又一次强烈地震活动。本次地震震中区虽然没有发现地表破裂带,但是根据现场工作,在震中北部发现有扩展断裂,比如在吐鲁鲁谷断裂附近就有明显的放大作用(张培震等,1994)。

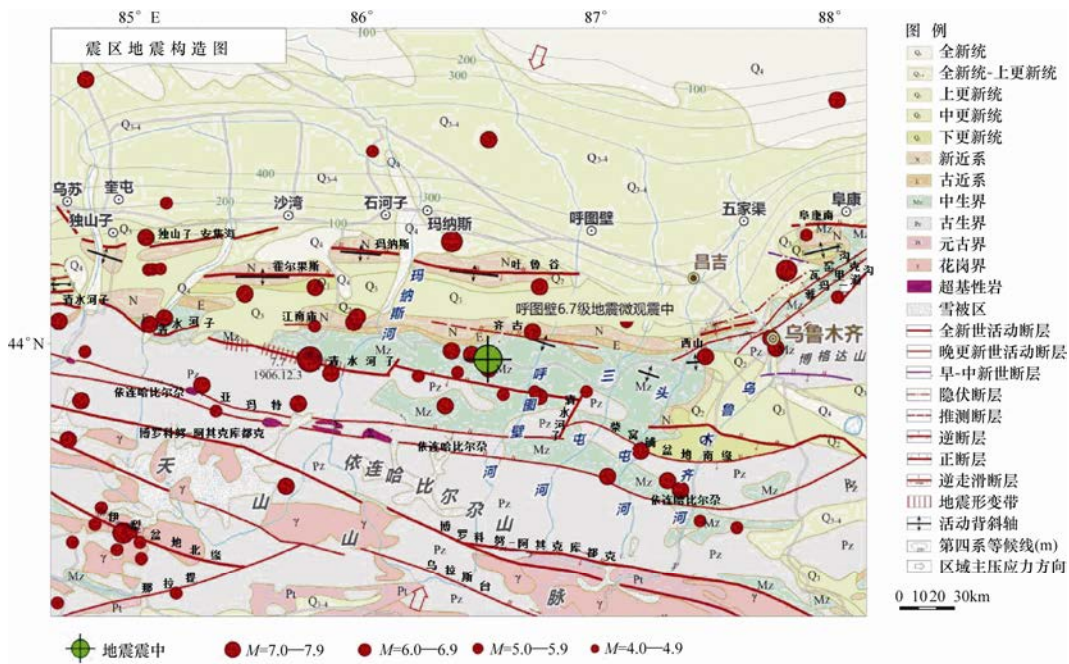


图3 震区地震构造图

Fig. 3 The seismo-tectonic map of the Hutubi M_s 6.2 earthquake

3 地震烈度分布

根据地震破坏程度、灾民分布特点以及灾区房屋的结构类型统计(谷国梁等,2016),将灾区初步划分为3个烈度区(图4)。极震区烈度为Ⅷ度,烈度图等震线长轴呈北西西向分布。Ⅷ度区面积140km²,长轴17km,短轴10km,涉及呼图壁县雀儿沟镇和玛纳斯县塔西河哈萨克族乡;Ⅶ度区面积1570km²,长轴58km,短轴38km,涉及呼图壁县雀尔沟镇、石梯子哈

萨克族乡、玛纳斯县塔西河哈萨克族乡和清水河哈萨克族乡; VI 度区面积 10740km^2 , 长轴 134km , 短轴 116km , VI 度区及以上总面积为 12450km^2 。灾区合计 90 余万人, 26 万余户¹。

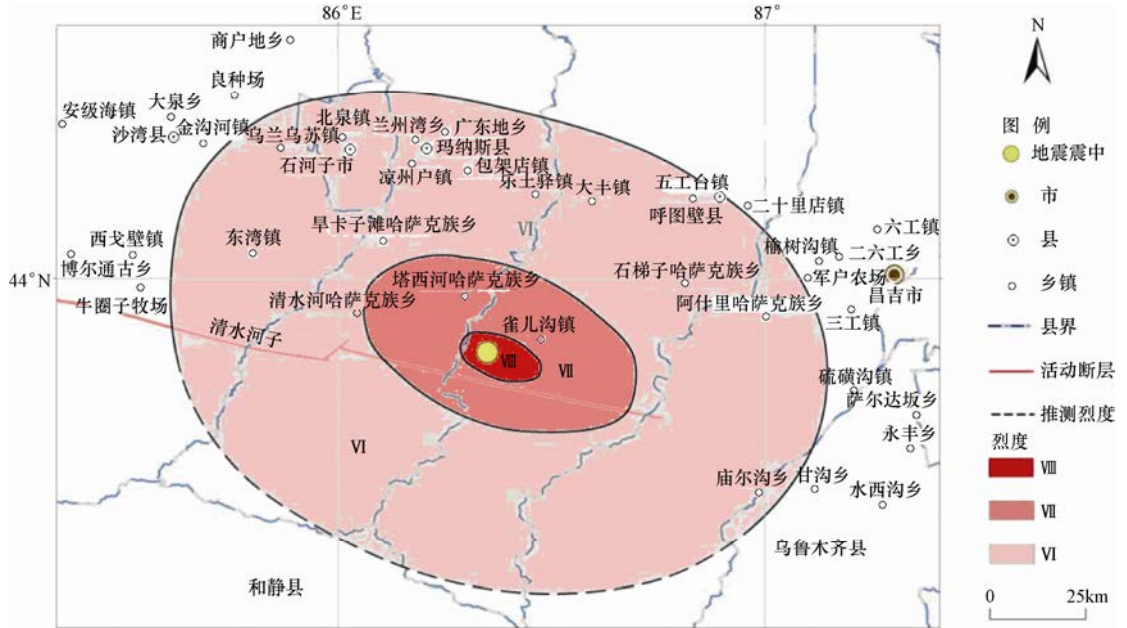


图 4 2016 年 12 月 8 日新疆呼图壁 6.2 级地震烈度图

Fig. 6 The seismic intensity map of the Hutubi M_S 6.2 earthquake on December 8, 2016

地震发生后, 如何科学、迅速、合理地确定地震烈度的强度、烈度区的长短轴及其走向, 以及烈度区的面积, 对震后灾害损失评估以及灾后恢复重建工作具有重要的指导意义 (董曼等, 2015)。1970 年云南通海 M_S 7.7 级地震发生后, 为了在地震现场调查中进一步提高地震烈度的精度, 现场工作队首先提出了震害指数的概念, 并在《中国地震烈度表》中首次得到了应用 (胡聿贤, 1988)。

本次地震灾区房屋结构类型主要为土木、土石木旧式简易结构房屋以及人口密度较大区域内的砖木、砖混和框架结构类房屋。根据《地震现场工作 (第 4 部分): 灾害直接损失评估》(中华人民共和国国家标准, 2012), 将灾区房屋破坏等级划分为: 毁坏、严重破坏、中等破坏、轻微破坏及基本完好 5 类, 参考《中国地震烈度表》(GB/T 17742—2008) 以及现场专家组意见, 将用于评定地震烈度的简易结构房屋以及砖木结构的房屋归为 A 类, 综合考虑灾区房屋抗震性能与场地条件。本次探讨工作中该类房屋各破坏等级的震害指数取值见表 2。

表 2 A 类房屋破坏的震害指数

Table 2 The earthquake hazard index of A-type houses

毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好
1	0.7	0.4	0.2	0

《中国地震烈度表》(GB/T17742—2008) 将平均震害指数定义为: 一个建筑群或者一定

1 <http://www.cea.gov.cn/publish/dizhenj/464/478/20161214105543174263031/index.html>

区域范围内所有建筑的震害指数的平均值，即受各级震害的建筑物所占的比例与其相应震害指数的乘积的和，可用公式（1）来计算：

$$\bar{d}_i = \frac{\sum d_{ij} n_{ij}}{\sum n_{ij}} \quad (1)$$

式中， d_{ij} 为第*i*类房屋破坏等级为*j*级的震害指数； n_{ij} 为第*i*类房屋破坏等级为*j*级的房屋栋数（或面积）。

该式也可以理解为加权平均震害指数（施伟华等，2007），因为权系数的统计学意义比较明显，A类房屋结构的各种破坏程度占的比例越高，统计的平均结果就更加稳定可靠。

根据震害情况抽样点统计数据以及公式（1）计算各调查点的平均震害指数（每一个调查点通常包含多个抽样点）。本次计算选用具有代表性的抽样点数据，在挑选计算数据时，同一调查点内同时包含不同破坏类型的房屋，剔除只含有破坏或完好房屋的调查点。按此条件，砖混结构、框架结构以及安居富民房基本完好，因此不在计算之列。表3为挑选过的具有代表性的调查点数据以及计算结果。

表3 灾区调查点破坏面积（m²）、平均震害指数及对应烈度

Table 3 The average earthquake hazard index and seismic intensity of all survey sites

调查点	毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好	平均震害指数 <i>D</i>	计算对应的烈度
塔西河乡 (靠近震中)	200	800	1400	800	200	0.44	VIII
雀儿沟 (靠近震中)	700	3200	5800	5100	2200	0.37	VIII
塔西河乡 中偏北	600	3000	4800	5000	6400	0.28	VII
雀儿沟中偏北	500	2600	4200	4800	5000	0.29	VII
大丰镇	900	1600	3500	5000	26000	0.11	VI
乐土驿镇	800	11800	3600	4900	28000	0.11	VI
凉州户镇	900	1900	2300	3900	26800	0.11	VI
玛纳斯镇	2600	8800	37700	96200	236300	0.11	VI
阿什里镇	600	3400	13900	56500	111200	0.11	VI
包家店镇	700	1500	3200	4600	30000	0.10	VI
三个煤矿 [※]	100	800	1600	32000	53600	0.09	VI
呼图壁镇	300	800	5700	9400	40000	0.09	VI
五工台镇	1000	2500	11700	18400	94000	0.08	VI
二十里店镇	1300	2600	11300	78000	180100	0.08	VI
清水河乡	100	200	1000	2900	22000	0.05	VI
早卡子滩	100	200	900	1400	600	0.03	VI

※三个煤矿（红三沟煤矿、天富煤业、106煤矿），表里的一个调查点包括多个抽样点。

计算烈度区内共 166 个抽样点的各级震害的房屋所占比率(即破坏比)和震害指数, 结果见表 4(石河子市区、玛纳斯镇、呼图壁镇房屋建筑基本完好, 没有参与震害指数计算, 灾区安居富民房覆盖率达 80%)。

表 4 各烈度区破坏比(%)与震害指数

Table 4 The damage ratio and earthquake hazard index of different seismic intensity zones

烈度	毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好	震害指数
Ⅷ度	6	19.4	34.3	23.9	16.4	0.38
Ⅶ度	1.3	7.6	20.4	33.5	28	0.20
Ⅵ度	0.4	1.1	4.9	19.2	74.4	0.07

根据《中国地震烈度表》(GB/T 17742—2008)的规定, 利用房屋震害判定地震烈度时, 某一调查点的同类房屋在不同地震烈度下平均震害指数范围分别为: Ⅷ度 0.29—0.51, Ⅶ度 0.09—0.31, Ⅵ度 0.00—0.11。由表 3 可以看出, 在Ⅷ度区内的调查点平均震害指数范围为 0.37—0.44, 表 4 中Ⅷ度区的震害指数为 0.38, 处于《中国地震烈度表》Ⅷ度取值范围内; 表 3 中Ⅶ度内调查点平均震害指数范围为 0.28—0.29, 但表 4 中Ⅶ度区的震害指数为 0.20, 略低于《中国地震烈度表》Ⅶ度取值范围, 因为在塔西河乡和雀儿沟中偏北的调查点场地条件较差; 表 3 中Ⅵ度区调查点平均震害指数为 0.03—0.11, 表 4 中Ⅵ度区震害指数结果为 0.07, 包含在烈度表规定的范围内。考虑所有抽样点的房屋建筑质量、场地条件以及修建年代, 总体上在低烈度区与极震区内调查点的平均震害指数与规定值范围地震烈度相对较为吻合, 经过专家组讨论, 得到了图 4 的结果。

根据《中国地震烈度表》(GB/T 17742—2008)中第 4.3 条的规定, 当采用建筑质量特别差的房屋的震害程度和平均震害指数评定地震烈度时, 可以适当降低评定值; 反之, 当采用建筑质量较好的房屋的震害程度和平均震害指数评定烈度时, 可以适当提高评定值。此次实地调查过程中发现, 人口高密度区的建筑质量相对较好; 有的建筑场地条件较好, 而有的则比较差; 震中区比较偏僻, 可抽样调查的点有限, 房屋质量较差。根据表 3 和表 4 的结果, 将雀儿沟以南和塔西河哈萨克乡以南划分为Ⅷ度区, 雀儿沟中偏北和塔西河哈萨克乡中偏北的区域划分为Ⅶ度区(图 4); 长半轴 29—67km 范围内, 短半轴 19—58km 范围内划为Ⅵ度;

4 初步认识

(1) 提出震害指数前, 通过地震现场震害调查得到的烈度结果精度不够高(施伟华等, 2007); 提出震害指数, 并将其定量化, 从而使得评定的烈度比较稳定, 精度更高, 结果更为科学。

(2) 由图 1 和图 4 对照分析, 余震序列的展布方向与清水河子断裂的走向以及烈度圈的长轴方向一致。

(3) 由震源机制解图 2 与图 4 可见, 逆断层的断层面走向与清水河子断裂总体走向基本一致, 节面Ⅱ为断层面, 清水河子断裂走向和烈度圈长轴方向可互相印证。

(4) 本次地震的发震构造为清水河子断裂带, 由多条平行分布的逆断层构成, 震中位于断裂带的中部, 该断裂带的西段曾发生过 1906 年玛纳斯 7.7 级地震, 而此次呼图壁 6.2 级地震发生在该断裂带的东段, 与西段 1906 年玛纳斯地震造成的滑坡、堰塞湖等地震地质灾害集

中发育地带相距大于 40km。综合余震序列的分布、震源机制解的断层面以及这次主震发震的构造模式可以初步划定烈度圈长、短轴走向。

(5) 呼图壁 6.2 级地震烈度图长轴方向为 NWW 走向, VIII 度区与 VII 度区主体位于清水河子断裂带, 与震区余震序列分布、震源机制解、发震构造等具有较好的一致性, 为各烈度圈的绘制提供了有利支撑。

参考文献

- 董曼, 程佳, 魏文薪等, 2015. 川滇分区地震烈度衰减特征研究. 震灾防御技术, **10** (z1): 760—769.
- 谷国梁, 邱虎, 王晓蕾等, 2016. 天津市及邻区地震烈度衰减关系研究. 震灾防御技术, **11** (1): 35—43.
- 胡聿贤, 1988. 地震工程学. 北京: 地震出版社.
- 施伟华, 陈坤华, 李珊等, 2007. 2007 年宁洱 6.4 级地震震害指数与烈度. 地震研究, **30** (4): 379—383.
- 张培震, 邓起东, 徐锡伟等, 1994. 盲断裂, 褶皱地震与新疆 1906 年玛纳斯地震. 地震地质, **16** (3): 193—204.
- 中华人民共和国国家标准, 2012. 地震现场工作 (第 4 部分): 灾害直接损失评估 (GB/T 18208.4—2011). 北京: 中国标准出版社.

Discussion on the Seismic Intensity of the Hutubi M_S 6.2 Earthquake on December 8, 2016

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

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

Abstract Based on the field investigation of 182 seismic hazard survey sites, combining with analysis of aftershock sequence, focal mechanism, and seismo-tectonic background, we produced the seismic intensity map of Hutubi M_S 6.2 earthquake. The seismic intensity of the magistoseismic area is VIII degree, with the orientation of long axis of isoseismic contour lines in east-west. The Qingshuihezi fault is considered as the seismogenic fault of Hutubi M_S 6.2 earthquake

Key words: Hutubi M_S 6.2 earthquake; Damage ratio; Earthquake hazard index; Seismic intensity