

陈建波, 谭明, 吴国栋, 胡伟华, 孙甲宁, 张振斌, 2012. 2011年10月16日新疆精河县5.0级地震震害特征及原因. 震灾防御技术, 7(2): 164—172.

2011年10月16日新疆精河县5.0级地震震害特征及原因¹

陈建波 谭明 吴国栋 胡伟华 孙甲宁 张振斌

(新疆维吾尔自治区地震局, 乌鲁木齐 830011)

摘要 2011年10月16日新疆精河县5.0级地震震中位于博尔塔拉蒙古自治州精河县托里乡境内, 极震区震中烈度为VI度。震害调查显示, 灾区房屋主要以老旧的土坯房为主, 地震使本身老旧的房屋裂缝加宽, 破坏加重。其次, 灾区房屋震害还具有明显的南北差异特性, 场地条件差异是造成距离震中较远的部分房屋破坏较重的主要原因之一。

关键词: 精河5.0级地震 震害特征 库松木楔克山前断层 发震构造

引言

2011年10月16日21时44分, 新疆精河县发生了5.0级地震, 尼勒克县、霍城县、伊宁市、伊宁县、察布查尔县均有震感。地震发生后, 新疆地震局立即启动IV级地震应急预案, 成立了地震应急指挥部, 同时派出地震现场工作队连夜驱车赶赴震区开展地震现场灾害损失评价和应急科考工作。本文根据现场调查结果, 介绍本次地震的震害特征。

1 地震基本参数及震区概况

据中国地震台网和新疆自治区地震台网测定, 本次地震的发震时刻为2011年10月16日21时44分46秒(北京时间), 震中位置为北纬44.3°、东经82.7°, 位于博尔塔拉蒙古自治州精河县托里乡境内, 震级为 $M_S 5.0$ 级, 震源深度4km, 震中烈度VI度。

震区位于新疆维吾尔自治区西北部, 天山支脉婆罗科努山北麓, 准噶尔盆地西南边缘, 新疆维吾尔自治区博尔塔拉蒙古自治州精河县境内。受地震影响, 此次地震共造成精河县托里乡8个村和八家户农场2个农业队, 2080户, 9638人受灾, 受灾总面积逾854km²(精河县地方志编纂委员会, 1998)。

震区位于北天山西段山前冲洪积平原和山麓洪积区, 自西向东主要由大河沿子河、阿沙勒河、库斯台乌苏河以及精河等的山前洪积扇群组成。扇面北倾, 坡度10°左右, 海拔高程

¹ 基金项目 新疆地震科学基金项目(201112)资助

[收稿日期] 2012-02-29

[作者简介] 陈建波, 男, 生于1976年。硕士, 助理研究员。主要从事地震地质及活动构造研究。E-mail: cjbeq@sina.com

600—1200m。冲洪积平原中、下游地形平坦, 略向西北倾, 自然坡度 1—2°, 海拔高程 240—600m。国道 G312 以北, 地下水浅, 盐碱地、冻胀土发育, 房屋基础震前已有破坏。

2 地震烈度及分布

地震烈度评定主要依据中国地震烈度表(国家质量技术监督局, 1999)和行业技术标准(国家质量技术监督局, 2000), V 度及以下地区以地面及底层屋内有感和其它震害现象为主, VI 度—X 度区以房屋震害为主, 并综合考虑不同类型房屋的平均震害指数和强震动加速度记录。

在距震中 200km 范围内共有 7 个强震台, 其中 3 个有加速度记录, 分别为精河台、奎屯台和 129 团地震台。其中距离震中最近的精河台记录到的最大峰值加速度为东西向 6.11gal, 具体参数见表 1。

表 1 2011 年 10 月 16 日精河 5.0 级地震强震记录数据

Table 1 The strong motion record of Jinghe M5.0 earthquake on Oct. 16, 2011

台站名	场地类型	仪器类型	峰值加速度 (PGA)/gal			震中距	记录长度/s
			东西	南北	垂直		
精河	基岩	GDQJ-1A	-6.11	-5.64	3.63	54	31
奎屯	土层	K2	4.45	5.17	-1.88	174	43
129 团	土层	ETNA (内置)	-7.65	9.64	-2.87	176	42

通过地震现场调查, 确定极震区烈度为 VI 度, VI 度区长半轴为 24km, 短半轴为 11km, 面积 854km², 地震烈度等震线如图 1 所示。由图 1 可以看出, 此次地震烈度等震线呈近北北

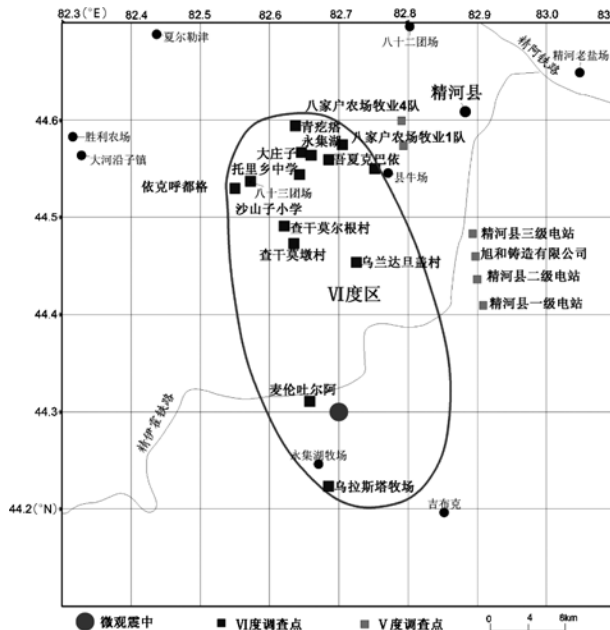


图 1 新疆精河 5.0 级地震烈度等震线图

Fig. 1 The contour line of seismic intensity of Jinghe M5.0 earthquake on Oct. 16, 2011

西方向,与构造带走向略有不同。震害分布可能与震中所处的地形地貌和场地条件有关,如国道 G312 以北,场地地下水浅,盐碱地发育,房屋基础受地震影响破坏较国道 G312 以南相比严重的多。

3 震害特征及原因

3.1 震害调查

根据地震破坏程度和灾民分布状况,将灾区确定为 1 个评估区(图 1),灾区范围 854km^2 。灾区包括精河县托里乡和八家户农场,灾区受灾人口总数约 9638 人,2080 户,户均住房面积 90m^2 。据当地政府统计,受灾地点主要分布在托里乡境内,受灾较为严重的村庄主要分布在 G312 国道以北地区。G312 国道以南受灾相对较轻。距离震中最近的托里乡麦伦吐尔阿牧民点及乌鲁斯塔牧场,人口稀少,房屋较少,且分散,房屋以石木结构为主,开间小,墙体以卵砾石及岩石砌成,墙体下宽,上窄,墙体厚实,虽在震中附近,但无明显破坏。据房主人介绍,地震时震感强烈,人从睡梦中惊醒,可听到清晰的地声,持续时间短。G312 国道以南距离震中较近的乌兰旦达盖村、查干莫敦村及查干莫尔根村 3 个村,房屋以土木结构为主,含少量砖木结构。土木结构房屋普遍为中等破坏,内外墙均有不同程度裂缝,纵横墙交接处出现裂缝,山墙出现通长裂缝(照片 1、2)。乌兰旦达盖村局部棚圈出现垮塌现象(照片 3)。



照片 1 查干莫敦村土坯房纵墙竖向开裂

Photo 1 Vertical cracks on the wall of a mud-clay house in Chaganmodun village



照片 2 乌兰旦达盖村土木房屋墙体开裂

Photo 2 Fissure on the wall of a mud-clay house in Wulandangai village

灾区范围内托里乡中学和沙山子小学 2 所学校位于 G312 国道以北,房屋以砖木结构和砖混结构为主,抽样调查显示:人普遍有较强震感,屋内的灯泡随地震摇摆。砖木结构房屋普遍轻微破坏,主要为窗洞及门洞上方出现不同程度的轻微裂缝(照片 4)。单层砖混结构房屋未出现明显破坏现象。

依克呼都格村、吾夏克巴依村、永集湖村和大庄子分别位于托里乡 G312 国道的最北面,房屋以单层土木结构和单层砖木结构为主,少数土坯房。土木结构房屋多始建于上世纪 70、80 年代,不少已年久失修成老旧危房,地震使房屋裂缝加宽,破坏加重,山墙及纵横墙墙角出现轻微至中等破坏裂缝,局部院墙出现贯穿性裂缝,呈严重破坏(照片 5—7)。



照片 3 乌兰旦达盖村个别居民院墙倒塌

Photo 3 Wall collapse wall in Wulandangai village



照片 4 托里中学砖混结构教室填充墙开裂

Photo 4 Fissures on filling wall of a brick-concrete classroom at Tuoli middle school



照片 5 依克呼都格村土坯房山墙局部倒塌

Photo 5 Wall collapse of a mud-clay house in Yikehuduge village



照片 6 吾夏克巴依村砖木结构房屋檐口塌落

Photo 6 Eave collapse of a brick-wood house in Wuxiakabayi village

八家户农场位于托里乡和茫丁乡之间，仅有农 1 队和农 5 队上报损失，其他均无明显破坏现象。八家户农 1 队和农 5 队沿 G312 国道北侧分布。房屋以土木结构和砖木结构房屋为主，部分砖包皮土木结构房屋，也多为上世纪 70、80 年代修建，年久失修，在此次地震的影响下，破坏加重，山墙及纵横墙墙角出现裂缝，局部院墙出现贯穿性裂缝及外闪现象（照片 8）。



照片 7 大庄子 土木房屋墙体竖向开裂

Photo 7 Vertical cracks of a mud-mood house in Dazhuanzi village



照片 8 八家户牛场农牧一队土木房屋墙体严重开裂

Photo 8 Severely damaged wall of a mud-wood house in Bajiahu farm

3.2 灾区房屋特点

本次地震的最高影响烈度为Ⅵ度,灾区建筑物结构类型主要包括土坯房、砖木结构房屋、单层砖混和多层砖混房屋。受损房屋以土坯房为主,其中包括部分砖包皮房屋,占受损房屋的95%,个别单层砖木房屋和单层砖混房屋有轻微破坏或基本完好,砖混结构房屋未受到地震破坏。

灾区多层砖混结构主要是乡镇政府办公楼、学校和卫生院等。政府办公楼为2000年以后建造,学校基本加固改造完成,这次地震中均基本完好。仅沙山子小学食堂单层砖混砌体结构房屋建设年代较早,采用空心板屋盖,墙体产生较为明显裂缝。

灾区农村房屋主要以土坯房为主,受到破坏的房屋95%以上为土坯房,灾区大多数房屋始建于70、80年代,本身就是老旧危房,地震导致在此基础上使房屋裂缝加宽,破坏加重。另外,场地条件的差异也是造成距离震中30km以北的依克呼都格村、吾夏克巴依村、永集湖村和大庄子村等破坏显得严重的多,主要原因是村庄所处场地地下水位较浅,且部分为盐碱地,再加上冻胀土的影响,当遭遇地震波时,场地对地震波具有明显的放大效应,因而造成房屋基础破坏严重,导致房屋地基不均匀沉降,外墙开裂。

3.3 建筑破坏特征及原因

农民自建土木结构(土坯房)、砖木结构房屋均不具备抵御地震灾害的能力,Ⅵ度区甚至Ⅴ度区内都发生破坏,个别老旧房屋严重破坏,大部分产生中等破坏—轻微破坏,墙体竖向和斜向裂缝、纵横墙开裂以及门窗角“八”字形裂缝,成为潜在的危险房屋。其主要存在以下普遍的破坏形式:

①门、窗洞口角普遍存在斜裂缝或竖向裂缝。

原因:洞口上未设置过梁,或者仅放置窄细木条,不能起到过梁的作用。其中很多屋面梁直接置于洞口之上或者洞口以上45°范围之内,加之墙体本身强度低,地震来袭时造成局部应力集中,产生洞口上部、角部墙体裂缝。

②纵、横墙交接处墙角竖向开裂。

原因:房屋四角、纵横墙相交处未设构造柱,纵、横墙之间无有效拉结。

③墙体竖向裂缝、斜向裂缝。

原因:墙体为土坯或者烧结砖砌筑,土坯或烧结砖强度均很低,砌筑用泥浆或砂浆(很少采用)强度也非常低,墙内未设拉结筋,地震来时墙体受剪切破坏。

④梁下墙体屋面至地面竖向贯通裂缝。

原因:梁下无梁垫或者垫梁,梁下墙体无暗柱或者壁柱,梁下局部压力过大,地震来时造成墙体竖向裂缝。

⑤墙体外闪变形。

原因:屋面为柔性木结构,屋面处墙体未设圈梁,纵横墙之间无有效拉结,在地震水平推力下墙体外闪变形。

4 发震构造讨论

根据微观震中位置、余震分布及震源机制解特征(表2),初步分析此次精河5.0级地震的发震构造为库松木楔克山前断层。库松木楔克山山前断裂东起基普克一带,向西经扫子木图沿着库松木楔克山前及北缘延伸至赛里木湖,总体呈290°—300°方向延伸,长约160km,

断面南倾, 倾角 40° — 60° , 性质为逆断层。平面上断层呈一略向北突出的弧形(图 2)。库松木楔克山前断层具有多期活动的特点, 沿断层上新统和下更新统西域砾岩普遍发生褶皱变形, 形成一系列背斜构造(冯先岳等, 1991)。断层大致可分为东、中、西三段, 其中东段和中段的新活动明显, 断层错断了中更新世以来的各级地貌面和沟谷阶地, 并在地表形成断层陡坎和古地震地表变形遗迹, 为全新世活动断层。此次地震震中位于该断裂的东段部分。

表 2 新疆精河 5.0 级地震震源机制解参数表

Table 2 The focal mechanism solution parameters of Jinghe M5.0 earthquake

发震日期	地震位置		参考地名	震级 (M_s)	深度 (km)	节面 I			节面 II			P 轴		T 轴		N 轴	
	纬度 ($^{\circ}$)	经度 ($^{\circ}$)				走向 ($^{\circ}$)	倾向 ($^{\circ}$)	倾角 ($^{\circ}$)	方位 ($^{\circ}$)	仰角 ($^{\circ}$)	走向 ($^{\circ}$)	倾向 ($^{\circ}$)	倾角 ($^{\circ}$)	方位 ($^{\circ}$)	仰角 ($^{\circ}$)	方位 ($^{\circ}$)	仰角 ($^{\circ}$)
2011.10.16	44.29	82.65	精河	5.0	4	92	105	41	252	77	51	351	5	107	79	260	10

卫星影像显示, 在博罗科努山北麓发育有 2—3 排斜列状分布的新生代褶皱隆起区(图 3a), 在每排隆起区北翼都发育有 1 条活动断裂, 各褶皱隆起区前缘断裂总体呈南倾, 为上陡下缓的铲式逆冲断层, 在深部归并到寒武系底部的逆冲滑脱面上, 这与天山北麓发育的逆断裂—背斜带总体上具有相似的构造格架(冯先岳等, 1991; 张培震等, 1996)。野外考察表明, 在扫子木图背斜北翼, 沿断裂使新近系或下更新统西域组砾岩褶皱变形, 局部地段沿断裂断错河流 II、III 级堆积阶地(图 3b), 主断面产状为 $200^{\circ}\angle 17^{\circ}$ — 30° , 并沿断面发育有清晰的倾滑性擦痕和砾石推挤褶曲现象, 同时在地表还保留有南高北低的陡坎地貌, 表明该断裂在晚更新世—全新世以来曾有过强烈活动。据陈建波等(2007)研究显示, 该断裂东段晚更新世以来的垂直活动速率为 0.23 — 0.33mm/a ; 全新世以来的垂直滑动速率为 0.05 — 0.08mm/a 。

在震中以南的乌拉斯泰一带, 沿山前洪积扇上发育一长约 7 — 8km 的地震断层陡坎, 沿陡坎在乌拉斯泰沟口可见断裂断错河流 I 级阶地(图 4)。剖面显示, 断层 f 错断了层①、层②和层③, 沿断层面砾石呈定向排列, 使层②中的粗砂层明显向河流上游弯曲变形, 在 I 级阶地面上形成南高北低的顺坡向断层陡坎, 经测量断坎的垂直高度为 0.4m 。同时, 在距陡坎不远处的现代河床上还残留一处古地震形成的跌水, 实测跌水垂直落差为 0.7m 。根据层②顶部 ^{14}C 年代样品测试结果为距今 $2250\pm 60\text{B.P.}$, 即断层最新一次活动(古地震事件)应在距今 2250 年左右, 表明同震位错量应不小于 0.7m 。根据邓起东等(2000)和冯先岳(1997)有关同震位错量的经验关系式推算, 对应的地震震级应为 $M_s 6.8$ — 7.0 。

5 结论与讨论

2011 年 10 月 16 日新疆精河县 5.0 级地震震中位于博尔塔拉蒙古自治州精河县托里乡境内, 极震区震中烈度为 VI 度。地震受灾面积逾 854km^2 , 受灾人口 9638 人, 经济损失 1.18×10^7 多元。据震害调查显示, 灾区农村房屋主要以土坯房为主, 受到破坏的房屋 95% 以上为土坯房, 灾区大多数房屋始建于上世纪 70、80 年代, 灾区土坯房本身就存在老旧危房, 地震在此基础上使房屋裂缝加宽, 破坏加重。其次, 场地条件的差异造成了地震破坏程度南北差异巨

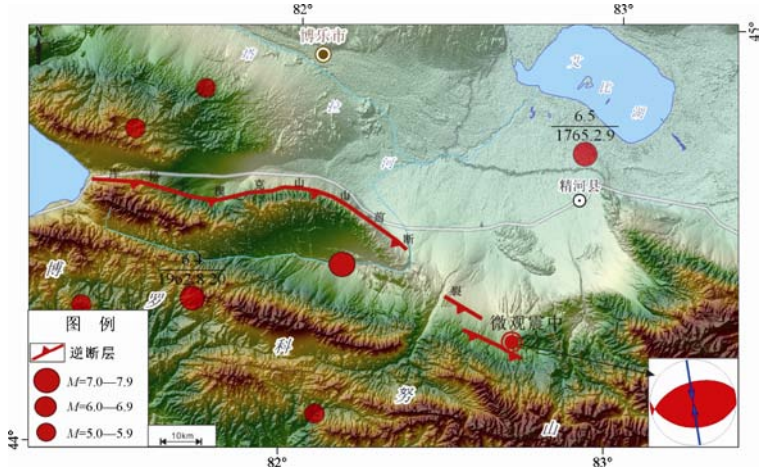
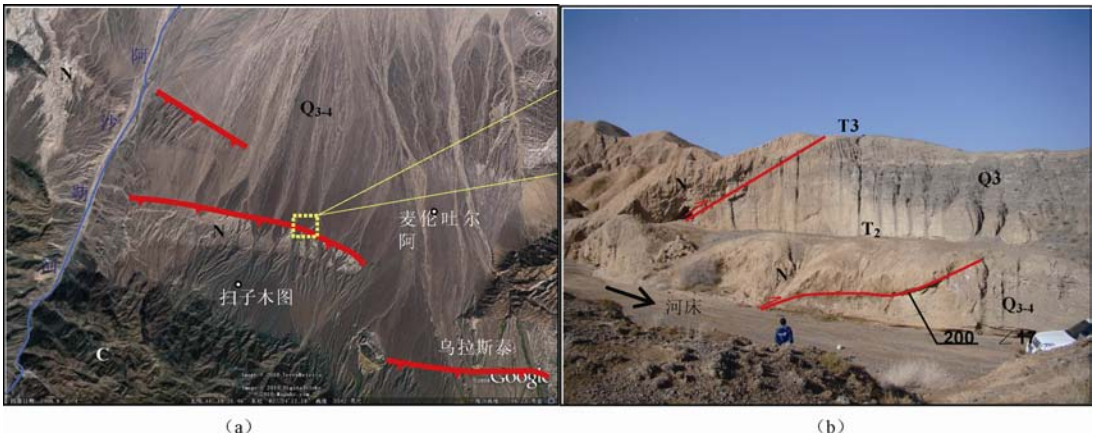


图 2 北天山西段的库松木楔克山前断裂 DEM 影像图

Fig. 2 DEM image of the west segment of Kusongmuqike mountain front fault in North Tianshan



(a)

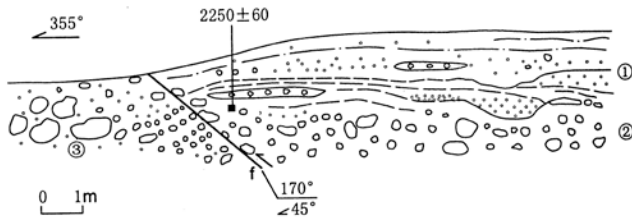
(b)

图 3a 扫子木图逆断裂-背斜带卫星影像图

图 3b 断裂断错 II、III 级河流阶地 (镜向 W)

Fig. 3a Saozimutu thrust fault and anticline structure shown from satellite image

Fig. 3b The faults cutting through the II and III terraces (view to W)



- ①灰黄色含卵砾的砂土层, 夹灰色卵砾石的透镜体, 厚度 1.0—1.5m;
- ②青灰色砾石层, 含有大漂砾, 可见厚度 1m;
- ③灰色卵砾石层, 底部含有大漂砾, 上部夹有灰色粗砂透镜体, 可见厚度 2.3m; ■: ¹⁴C 样品

图 4 麦伦吐尔阿南乌拉斯泰沟口东岸库松木楔克山前断层剖面

Fig. 4 Profile of Kusongmuqike mountain front fault in Wulasitai valley east bank in the south of Mailuntuera

大。在震中附近的麦伦吐尔阿一带，场地主要由卵砾石及角砾组成，结构密实，地震对震中附近的建筑物并未造成明显的破坏。相反，位于震中以北约 30km 以外的依克呼都格村、吾夏克巴依村、永集湖村和大庄子村等破坏程度却显得尤为严重，这主要归结于以上地区所处场地条件较差所致。据实地调查显示，上述村庄在地貌上位于博尔塔拉河下游，场地地下水位浅，盐碱地发育，再加上冬季冻胀土的影响，当遭遇地震波时，场地对地震波具有明显的放大效应，造成房屋地基不均匀沉降，纵横墙开裂、墙体外闪等较为严重的破坏现象。

另外，根据地震现场考察，初步判断此次地震的发震构造为库松木楔克山前断层，该断裂是发育在天山推覆体前缘的逆断裂—背斜带上的一条新生活的断层，同时也是北天山西段再生造山带北缘的一条重要的边界断层。此次地震震中位于该断裂的东段末端，野外考察中发现沿断裂有新鲜的断层陡坎和古地震地震地表形变带分布，据陈建波等（2009）最新研究表明，该断裂东段曾发生过 4 次古地震事件，断裂最新一次活动时间为距今 2250ka，其离逝时间与古地震复发周期 2000—2500 年大致相当，由此说明，库松木楔克山前断层未来具有较大的地震危险性，值得关注。

参考文献

- 陈建波，沈军，李军等，2007. 北天山西段库松木楔克山前断层新活动特征初探. 西北地震学报，**29**（4）：335—340.
- 邓起东，冯先岳，张培震等，2000. 天山活动构造. 北京：地震出版社.
- 冯先岳，邓起东，石建邦等，1991. 天山南北缘活动构造及其演化. 见：活动断裂研究（1）. 北京：地震出版社.
- 冯先岳，1997. 新疆古地震. 乌鲁木齐：新疆科技卫生出版社.
- 国家质量技术监督局，1999. 中国地震烈度表（GB/T17742-1999）. 北京：中国标准出版社.
- 国家质量技术监督局，2000. 地震现场工作（GB18208-2000）. 北京：中国标准出版社.
- 精河县地方志编纂委员会，1998. 精河县志. 乌鲁木齐：新疆人民出版社.
- 张培震，邓起东，杨小平等，1996. 天山的晚新生代构造变形及其地球动力学问题. 中国地震，**12**（2）：127—140.

The Seismic Damage Characteristic and the Cause of the Jinhe *M*5.0 Earthquake in Xinjiang on Oct. 16, 2011

Chen Jianbo, Tan Ming, Wu Guodong, Hu Weihua, Sun Jianing and Zhang Zhenbin

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

Abstract The *M*5.0 earthquake of Jinghe county of Xinjiang on Oct.16, 2011, is located in Tuoli rural area where the intensity is VI. The on-site investigation of building damage shows that the old houses with mud-clay construction material are vulnerable to the earthquake. Building damage degree in the north area is remarkably different from that in the south area, that mainly reflect the difference in the site conditions.

Key words: Jinghe *M*5.0 earthquake; Seismic characteristic; Kusongmuqke front mountain fault; Seismogenic structure