

# 2012年新疆新源—和静 $M_s$ 6.6 地震极震区 地质灾害特征研究<sup>\*</sup>

李 帅, 陈建波, 吴国栋

(新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐 830011)

**摘要:** 通过叙述 2012 年 6 月 30 日新源—和静  $M_s$  6.6 地震极震区内地震崩塌、滑坡、地裂缝和碎石流 4 种地震地质灾害规模、分布特征, 结合震前极震区内地质灾害分布类型和特征, 将震前与震后的地质灾害特征进行对比分析, 认为虽然此次地震极震区烈度仅为Ⅷ度, 但发生的地震裂缝与地震崩塌等地震地质灾害具有独特性, 应与该地区的地貌、地层岩性有关。

**关键词:** 极震区; 地震地质灾害; 分布特征; 新疆新源—和静  $M_s$  6.6 地震

**中图分类号:** P315.9

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0666(2015)03-0389-07

## 0 引言

地震地质灾害是地震灾害中直接灾害的表现形式之一, 主要包括崩塌、滑坡、泥石流、地震裂缝、地表塌陷、砂土液化、软土震陷和海啸等多种灾害形式, 不但造成严重的人员伤亡, 而且破坏房屋、道路、桥梁等工程设施, 加剧地震灾害损失程度。一般情况下, 地震烈度越大, 地震地质灾害程度越强, 在山岳地区表现尤为明显。如 2008 年汶川  $M_s$  8.0 地震 (宋波, 黄世敏, 2008; 许冲等, 2009, 2010; 殷跃平, 2008)、2010 年青海玉树  $M_s$  7.1 地震 (许冲等, 2011, 2012a, b; 殷跃平等, 2010)、2013 年四川芦山  $M_s$  7.0 地震和 2013 年甘肃岷县漳县  $M_s$  6.6 地震均触发了一定数量的滑坡, 尤其是 2008 年汶川地震触发了多达 20 万处滑坡, 这些滑坡多发生在山岳地区。因此, 通过了解地震地质灾害的发生时间及分布范围, 统计、分析地震地质灾害发生规律, 能够为后续防震减灾工作提供重要保障, 为山区建设规划选址等提供参考意见。

2012 年 6 月 30 日, 新疆新源、和静交界发生  $M_s$  6.6 地震, 震区主体位于伊犁盆地东侧依连哈比尔尕山, 属西天山内部的中高山区, 极震区烈度Ⅷ。由于极震区地处山区, 地形起伏、山坡陡峭, 又适逢多雨, 因此引发了一定数量的滑坡、崩塌

等地震地质灾害。笔者在前人研究地震地质灾害基础上 (王赞军等, 2003; 李帅等, 2012a, b; 李帅, 陈建波, 2013), 以 2012 年 6 月 30 日新源—和静  $M_s$  6.6 地震为背景, 以地震触发地质灾害为研究对象, 研究新源—和静  $M_s$  6.6 地震极震区内触发地震地质灾害的类型, 分析此次地震的地质灾害特点, 为以后该区域的地震地质灾害分析奠定基础。

## 1 极震区地理环境

新源—和静  $M_s$  6.6 地震发生在依连哈比尔尕山高山区, 山势陡峻挺拔, 山顶海拔高度为 3 500 ~ 4 500 m, 山区内近南北向冲沟发育, 多属“V”字型峡谷, 较大河谷宽度为 150 ~ 400 m, 切割深度为 150 ~ 500 m, 谷内两侧边坡自然坡度 40° ~ 80°, 河流纵坡降比 30‰ ~ 50‰。极震区附近, 主要分布有阿尔先沟、查干乌苏沟和喀拉果拉 3 条较大沟谷, 沟谷两岸边坡陡立, 自然坡度 40% 以上, 沟底宽度为 200 ~ 500 m, 阶地不发育, 分布着一些小型的洪积扇和倒石锥。沟底与山顶高差为 800 ~ 1 200 m, 沟底海拔高度为 2 400 ~ 3 000 m。

极震区有冰舌、冰川槽谷、悬冰川等构成的一系列冰川地貌, 在阿尔先沟、查干乌苏沟和乌拉斯特沟内普遍发育。调查认为此地貌单元内, 海拔越高、植被越少、风化的碎石越多, 特别是在海拔

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2014-03-13.

基金项目: 中国地震局地震应急青年重点任务 (CEA\_EDEM-201512) 资助.

3 000 m 以上的沟谷两侧, 分布着一些因冰蚀作用产生的碎石形成的倒石锥, 倒石锥表面较为松散, 地震后易发生崩塌、碎石流等地震地质灾害。

## 2 极震区地震地质灾害类型特点及分布

新源—和静  $M_s 6.6$  地震极震区发生了一定数量的地震地质灾害, 这些灾害除受到主震触发的原因之外, 还有以下几方面因素: (1) 极震区位于依连哈比尔尕山高山区, 山势陡峻挺拔, 河谷

切割较深, 是崩塌、滑坡等地质灾害的易发区; (2) 极震区海拔高度多在 3 000 m 左右, 是冰川地貌较为发育的高度, 岩体在冰蚀作用下, 风化作用较强, 加剧了地质灾害的发生; (3) 极震区内分布有采矿企业和设施, 在人为修路、采矿等作用下, 沟谷内边坡稳定性遭受破坏, 当地震来临时, 地震动诱发了小型滑坡的产生。根据野外调查结果, 将新源—和静地震引发的地震地质灾害分为地震崩塌、地震滑坡、地震裂缝和碎石流等类型 (图 1)。

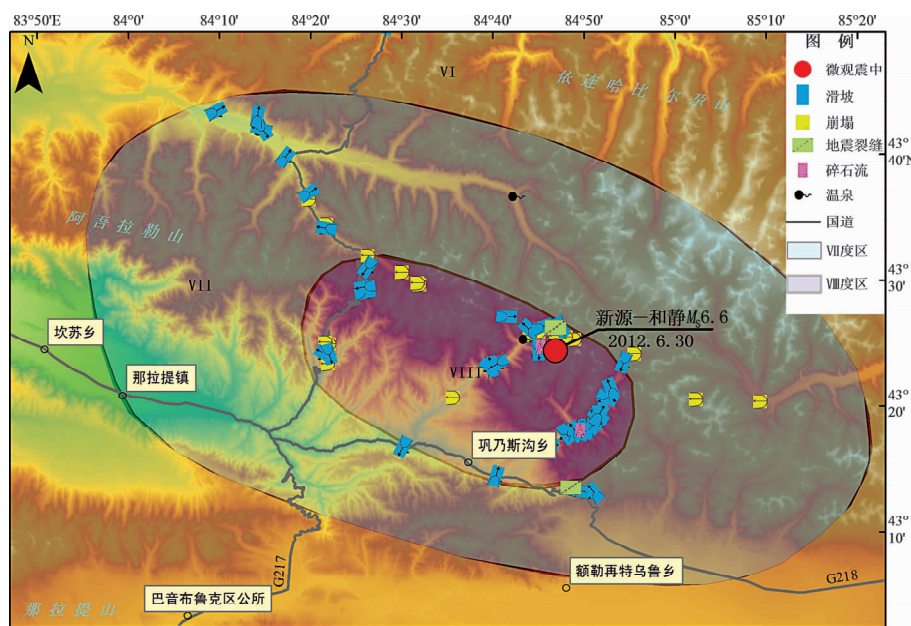


图 1 新源—和静 6.6 级地震地质灾害分布图

Fig. 1 Distribution map of geological hazards of Xinyuan-Hejing  $M_s 6.6$  earthquake

### 2.1 地震崩塌

地震崩塌是由地震震动引起岩体或土体脱离母体, 在重力作用下极快速地下滑、堆积的过程。此次极震区附近的阿尔先沟北侧和极震区东侧的诺尔湖等高海拔地区, 均发现有较为新鲜的地震崩塌痕迹。统计发现, 崩塌点发生时具有相似性, 均位于海拔 3 000 m 左右的高山区, 山体陡立, 自然坡度  $40^\circ$  左右。本文仅对 3 处地震崩塌点进行描述。

崩塌 1: 该点位于阿尔先沟温泉疗养院北北东方向 1.4 km 左右的大型冲沟北侧, 地理坐标 ( $43^\circ 20' 20.76''N$ ,  $84^\circ 45' 5.11''E$ ), 距微观震中 3.8 km, 冲沟走向 NW—SE 向, 自然坡降 20%, 崩塌点地形坡度约  $45^\circ$ , 海拔高程约 2 800 m, 崩塌体岩性为花岗岩, 崩塌宽约 20 m, 后壁高差约

为 15 m, 下坠岩体长度约为 100 m, 相对崩塌物的面积约为  $2\,900\text{ m}^2$ , 受地形影响, 崩塌体坠落的物体稍有左旋滑动, 坠落后覆盖层厚度较薄, 不超过 4 m, 最终计算出崩塌体体积小于  $1 \times 10^4\text{ m}^3$ , 按照崩塌体规模划分, 此崩塌体属小型崩塌 (图 2a)。

在崩塌体西侧 153 m 处, 还存在另一座相比较小的崩塌体, 由于海拔高度和植被较为茂密等外在因素条件影响无法进入, 但根据震后的 ikonos 影像图和谷歌地图解译, 可知该崩塌体自然坡度  $50^\circ$ , 崩塌体宽约 15 m, 后壁高差约 18 m, 下坠岩体长度 60 m 左右, 受地势影响, 坠落物体成一右旋滑动, 按照崩塌体规模划分, 该崩塌体也应属小型崩塌。

崩塌 2: 该点位于阿尔先沟温泉疗养院北东方



向直线距离约 4.2 km 的地点, 其地理坐标 ( $43^{\circ}25'20.82''N$ ,  $84^{\circ}47'41.74''E$ ), 海拔高程 3 000 m, 距微观震中 2.8 km, 崩塌体所处山体较陡, 自然坡度可达  $60\% \sim 80\%$ , 表面植被覆盖较少, 崩塌体岩性以花岗岩为主, 表面强风化, 崩塌体宽约 24 m, 后壁高差约 15 m, 坠落物体面积约为  $2\,800\text{ m}^2$ , 属小型崩塌 (图 2b)。

崩塌 3: 该点位于崩塌 2 东侧 3.6 km 左右的冰碛台地后缘的南侧, 海拔高程 3 300 m, 其地理坐标 ( $43^{\circ}24'37.59''N$ ,  $84^{\circ}50'12.55''E$ ), 距微观震中 3.3 km, 该处地势较陡, 崩塌体所在边坡自然坡度  $30^{\circ}$ , 岩性为花岗岩, 崩塌体宽约 15 m, 后壁高差约 10 m, 坠落物体面积约为  $4\,600\text{ m}^2$ 。在其下部还覆盖有较老的崩塌体级倒石锥。

## 2.2 地震滑坡

地震滑坡是指地震震动引起岩体或土体沿一个缓倾面剪切滑移一定距离的现象。此次在极震区未发现大规模的滑坡, 但是在极震区附近的查干乌苏沟沿线发育有大量的人工土质边坡滑坡

(图 3a)。这些滑坡体连续分布, 最近的仅间隔约 40 m, 最远的约 2 km, 在这一线, 发育有 20 余处滑坡体。滑坡体所在边坡自然坡度一般在  $35^{\circ}$  左右, 滑坡体长 20 ~ 100 m, 宽约 20 m, 滑坡壁高 1 ~ 3 m, 滑坡整体高度 3 ~ 10 m。在滑坡体上分布有掉落的草皮和堆积的碎石, 碎石由冲洪积相的卵砾石及漂砾组成; 在部分滑坡体上分布的一些电线杆也倾倒, 与公路平面近于平行。同时, 在一些未发生滑坡的公路边上, 部分边坡在地震动的触发下, 造成坡体后缘出现线性的拉张裂缝, 裂缝已经加大并且造成边坡错位, 有下滑的趋势, 由于边坡下部受公路开挖影响, 坡体相对已经处于失稳状态, 若继续发生地震或者有强降雨的影响, 极易引发坡体下滑 (图 3b)。

## 2.3 地震裂缝

此次在极震区附近发现的地震裂缝主要为构造裂缝。较为典型的是在极震区北侧的阿尔先沟上游山体边坡上, 发现有多处裂缝, 裂缝多为顺坡向。其中较为明显的一处裂缝, 其地理坐标为

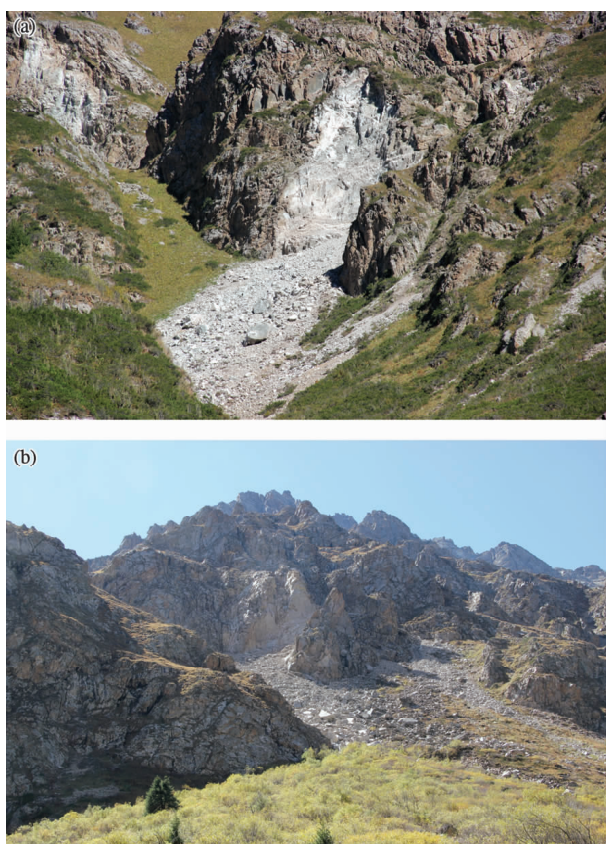


图 2 崩塌 1 (a) 与崩塌 2 (b) 照片  
Fig. 2 The photos of collapse 1 (a) and collapse 2 (b)

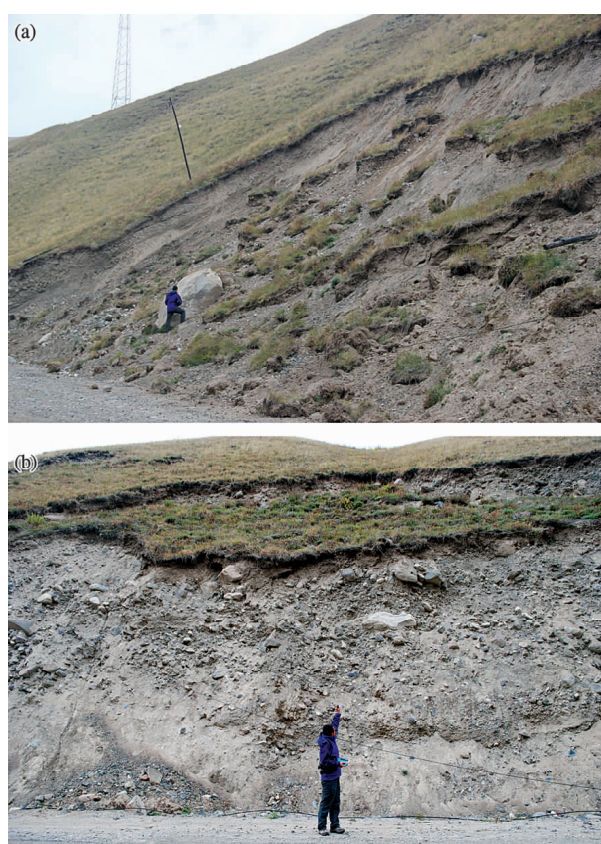


图 3 查干乌苏沟内滑坡 (a) 与拉张裂缝 (b)  
Fig. 3 The landslide (a) and tension fracture (b) in Chaganwusu ditch



( $43^{\circ}25'38.25''\text{N}$ ,  $84^{\circ}47'43.05''\text{E}$ ) (图4), 距微观震中 2.9 km, 海拔高程 2 771 m, 裂缝从山体一直延续至河床边上, 走向  $13^{\circ}$ , 长约 200 m, 宽约 30 cm, 裂缝通过处植被破坏, 且在坡脚处, 有一大坑, 直径 50 cm 左右, 到达河床上的裂缝相对较窄, 宽度为 13 ~ 50 cm。通过对裂缝下部进行开挖, 发现裂缝通过处内土体与两侧地层岩性有明显差异, 裂缝通过处土体较为松散, 土体颜色为黑色, 颗粒状, 裂缝两侧粉土呈土黄色, 呈上下盘分布, 由此认为此裂缝应为此次地震发生时形成的。

#### 2.4 碎石流

此次定义的碎石流主要是指在地震动作用下

受重力作用沿着边坡快速向下流动的碎石。与平常的碎屑流的主要区别在于触发的原因不同。碎石流主要是受到地震动作用, 而碎屑流则是在雨水或雪水的作用下形成的。在此次科考中, 在震中附近共发现两处碎屑流, 均发生在地形坡度较陡、之前发育有一些细沟或者冲沟的环境下。且碎石流长度较长, 一般延山顶能够持续到山脚。

碎石流位于阿尔先沟温泉疗养院东侧支沟内, 地理坐标 ( $43^{\circ}23'46.325''\text{N}$ ,  $84^{\circ}45'55.08''\text{E}$ ) 距微观震中 2.4 km, 海拔高程 3 000 ~ 3 400 m, 相对高差约 300 m。该点有相邻的 3 处碎石流, 长度均在 500 m 左右, 地形自然坡度  $30^{\circ} \sim 50^{\circ}$ , 呈直线排列, 少弯曲。碎石流上部主要是由冰蚀作用风化

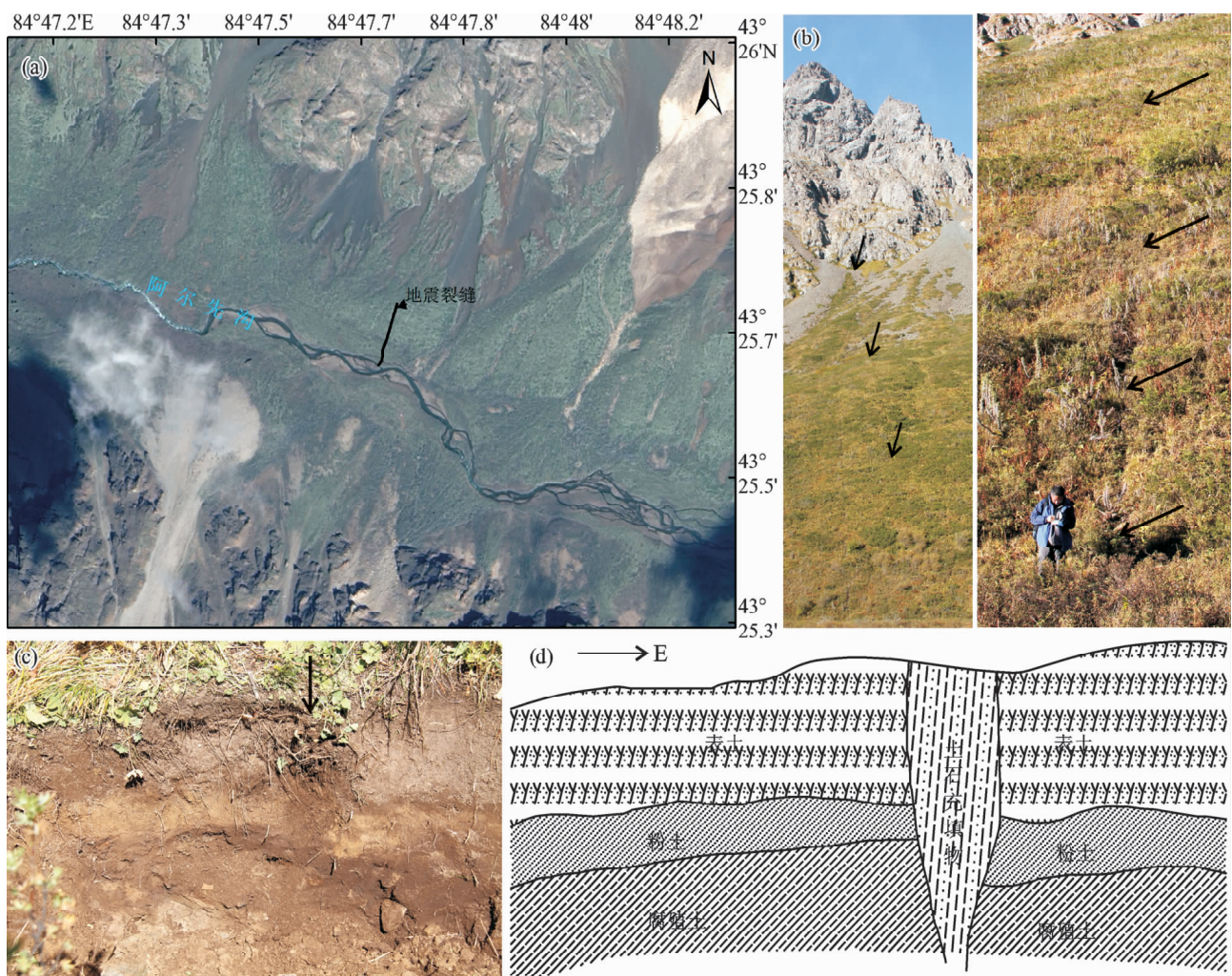


图4 阿尔先沟内地裂缝

(a) 地裂缝位置图; (b) 地裂缝照片; (c) 地裂缝地表剖面照片; (d) 地裂缝剖面示意图

Fig. 4 The ground fissure in Aexian ditch

(a) the location of ground fissure; (b) the photo of ground fissure; (c) the photo of surface profile of ground fissure; (d) sketch map of profile of ground fissure



的岩体，呈网状分布在多条汶沟内，向下部逐渐集中，形成较宽的细沟，在雪水的搬运作用下，沟内的碎石逐渐下移。此次地震，使存在于山体顶部的不稳定的岩体掉落，并随着存在于汶沟内的碎石加快下滑速度，最终到达细沟内一起向下移动。在这些细沟下部，可看到较为新鲜的碎石盖在较老的碎石上。

3  地震地质灾害特点讨论

3.1  震前地质灾害

通过收集研究地区的地质灾害资料，可知在极震区附近存在地质灾害点 93 个（表 1、图 5），其中以崩塌、滑坡和泥石流为主，崩塌点 8 个，占总比例的 8.6%；滑坡 80 个，占总比例的 86.0%；泥石流 5 个，占总比例的 5.4%。在这些地质灾害

里，按照地质灾害规模可分为小型、中型、大型和巨型。

对调查点进行统计后，可知地质灾害点主要发育在较大的沟谷内，例如阿尔先沟和巩乃斯河谷地，其他地区均为零星分布，不具有统计规律性。

表 1  极震区地质灾害统计表  
Tab. 1  The statistics of geological disasters in meizoseismal area

地质灾害类型	规模	数量/个	比例（%）
崩塌	小型	6	8.6
	中型	2	
滑坡	小型	70	86.0
	中型	7	
	大型	3	
泥石流	小型	4	5.4
	大型	1	

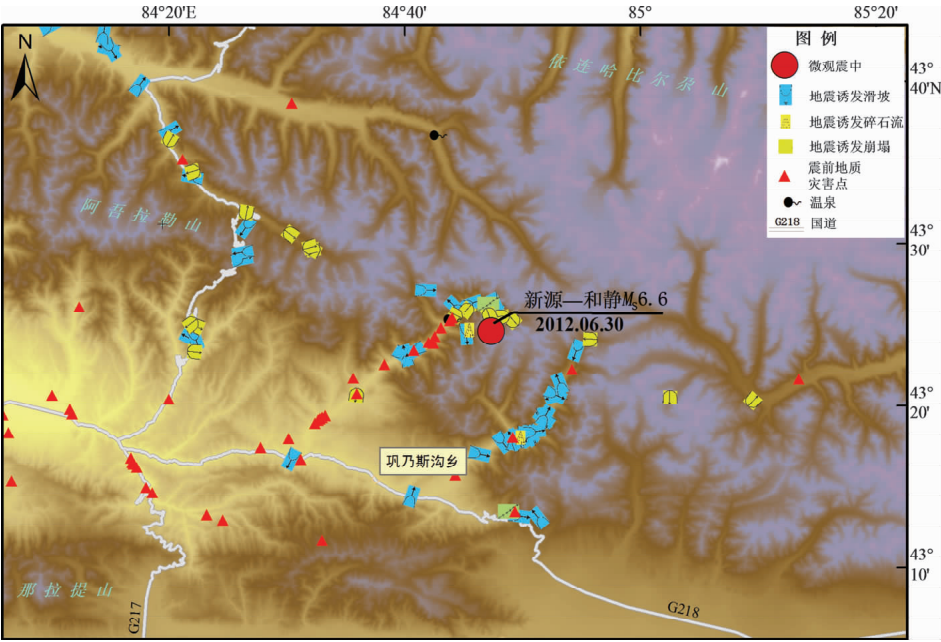


图 5  极震区震前、震后地质灾害点对比图  
Fig. 5  The comparision map about geological disaster point before and after earthquake in meizoseismal area

3.2  震前震后地震地质灾害对比分析

将震前与震后极震区内的地震地质灾害的发育特征进行比对分析，得出极震区在地震前后发生的地质灾害主要存在以下区别：

（1）震前与震后的地质灾害破坏类型有差别。在极震区内，震前的地质灾害类型为崩塌、滑坡和泥石流，破坏类型少，诱发灾害的因素以降雨、

冰雪融化等自然气候因素为主。震后，地质灾害数量及破坏种类明显增多，除震前的崩塌、滑坡和泥石流外，还增加了碎石流和地震裂缝，地震裂缝主要集中于微观震中附近的阿尔先沟上游高山区。

（2）震前与震后的地质灾害规模有所不同。一般情况下，地质灾害的影响因素多为降雨、融

雪等因素,当降雨的数量急剧增多时,最易引发滑坡、泥石流等地质灾害。地震地质灾害规模则主要依据地震烈度,一般情况下,地震烈度愈高,地震地质灾害分布越广、规模越大,且随着地震烈度的减小,地震地质灾害逐渐减少,例如2008年汶川地震,就是很典型的例子。虽说此次新源一和静地震震级为 $M_s6.6$ ,极震区地震烈度仅为Ⅷ度,破坏规模相对较小,但在极震区仍然发现一定数量的地震崩塌、地震滑坡等地震地质灾害,且规模和数量较震前有所增加,在一些岩体较为坚硬、山体较为完整的地段出现了地震崩塌现象,地震滑坡规模也相应的加大。

(3)对比震前与震后的地质灾害调查点,发现虽然震前与震后地质灾害破坏规模和类型有所不同,但是震前发生崩塌和滑坡的地段在震后均发生了地震滑坡和崩塌,只不过震后的数量在震前有所增加,规模有所放大,例如此次考察的查干乌苏沟路边土质滑坡,在震前就有过。

由此可知,震前与震后的地质灾害在破坏类型和规模上是不同的,且灾害点的分布也有所不同,但在部分灾害(崩塌和滑坡)的分布上具有重复性。在以后的地震地质灾害调查中,可以在震前的地质灾害点分布基础上,对其进行考察。

## 4 结论

新源一和静 $M_s6.6$ 地震在极震区没有造成人员伤亡,但是诱发了一定数量的地震地质灾害。地震崩塌规模类型主要分布在微观震中附近;而地震滑坡主要以边坡失稳滑坡为主,属小型滑坡,但连续性相对较强;地震裂缝和碎石流是此次地震相较于其他6级地震更为特殊的地方,虽然数量及规模较小,但应与极震区所处的冰川地貌有关。从极震区内的地震地质灾害分布特点来看,新源

一和静 $M_s6.6$ 地震的宏观震中与微观震中基本一致。

近年来,随着汶川地震、青海玉树地震、雅安地震和甘肃岷县漳县地震等强震的发生,诱发了一定数量的地震地质灾害,且主要集中于地质条件复杂的西部山区,为地震地质灾害的综合研究带来了困难。通过总结分析,笔者认为对于地震地质灾害的研究,不仅要研究山区区域地壳稳定性、山体稳定性,还需要加强山区内断裂活动性的调查与探测,为防震减灾工作奠定更加坚实的基础。

## 参考文献:

- 李帅,陈建波.2013.库克苏河某水库地震地质灾害调查分析[J].内陆地震,27(3):263-269.
- 李帅,任洋,向志勇,等.2012a.以某桥台危岩体为例研究危岩体在地震作用时的稳定性[J].内陆地震,26(1):67-74.
- 李帅,许冲,陈建波,等.2012b.新源一和静交界 $M_s6.6$ 地震地质灾害诱发因素浅析[J].内陆地震,26(4):365-372.
- 宋波,黄世敏.2008.图说地震灾害与减灾对策[M].北京:中国建筑工业出版社.
- 王赞军,党光明,田勤俭.2003.昆仑山口西8.1级地震的崩塌发育特点[J].中国地震,19(2):158-165.
- 许冲,戴福初,徐锡伟.2010.汶川地震滑坡灾害研究综述[J].地质论评,56(6):860-874.
- 许冲,戴福初,姚鑫.2009.汶川地震诱发滑坡灾害的数量与面积[J].科技导报,27(11):79-81.
- 许冲,徐锡伟,戴福初,等.2011.2010年4月14日玉树地震滑坡空间分布与控制变量分析[J].工程地质学报,19(4):505-510.
- 许冲,徐锡伟,于贵华,等.2012a.玉树地震滑坡影响因子敏感性分析[J].科技导报,30(1):18-24.
- 许冲,徐锡伟,于贵华.2012b.玉树地震滑坡分布调查及其特征与形成机制[J].地震地质,34(1):47-62.
- 殷跃平,张永双,马寅生,等.2010.青海玉树 $M_s7.1$ 地震地质灾害主要特征[J].工程地质学报,18(3):289-296.
- 殷跃平.2008.汶川8级地震地质灾害研究[J].工程地质学报,16(4):432-444.

## Research on Characteristics of the Geological Disaster in the Meizoseisma Area Induced by the Xinyuan – Hejing $M_s6.6$ Earthquake in 2012

LI Shuai, CHEN Jian-bo, WU Guo-dong

(*Seismological Bureau of XinJiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, Xinjiang, China*)

### Abstract

We described the scale and distribution characteristics of 4 types of seismic geological disasters, such as the quantitative seismic cracks, landslides, ground fissure and broken stone flow in the meizoseismal area of Xinyuan – Hejing  $M_s6.6$  earthquake on Jun. , 30, 2012. Then combined with the distribution types and characteristics of geological hazards in the meizoseismal area before the earthquake, we compared and analyzed the characteristics of geological disasters before and after the earthquake. The results showed that although the intensity in the meizoseismal area was only VIII degree, the seismic geological disaster characteristics of the ground fissure and cracks etc. was unique, which should be related to the local landform, formation lithology in the meizoseismal area.

**Key words:** meizoseismal area; seismic geological disasters; distribution characteristics; Xinjiang Xinyuan – Hejing  $M_s6.6$  earthquake