

文章编号: 1008-2786-(2014)1-124-05

# “4·20”芦山地震震中龙门乡地质灾害特征

罗永忠

(四川省建筑设计研究院 四川 成都 610017)

**摘 要:**“4·20”芦山地震为龙门山断裂带南端上的浅源构造地震,震中位于四川省芦山县龙门乡马边沟,最大烈度达 IX 度,龙门乡 99% 以上房屋受损。乡境内因地震形成 35 处地质灾害,主要类型为滑坡、崩塌,分别占 40.0%、60.0%,乡境内 5 个村有分布。崩塌失稳模式为震动-剥落、震动-拉裂-滑移、震动-拉裂-错落;滑坡失稳模式为震动-拉裂-蠕滑。地震地质灾害除受控于地震触发作用,陡峻的地形、地形与高程放大效应特征突出外,强风化卸荷作用也是地质灾害产生的物质基础。乡境内以崩塌危害较为严重。开展震中地震地质灾害特征研究,预测灾害发展趋势,对灾区安置点规划、灾后 3 a 恢复重建都将具有重要的指导意义。

**关键词:** 芦山地震震中; 地质灾害特征; 崩塌

**中图分类号:** P642.2

**文献标志码:** A

“4·20”芦山地震震源位于龙门山断裂带前山的南端,震中为芦山县龙门乡马边沟,属龙门山断裂带上的浅源构造地震(震源深度 13 ~ 14 km),震中最大烈度达 IX 度,是区内双石-大川断裂的一次应变能释放过程<sup>[1]</sup>。

龙门乡地处四川省芦山县东南部,距县城约 17 km,全乡面积 104.6 km<sup>2</sup>,呈北东南西向带状分布,辖一个乡机关居委会,6 个行政村,42 个村民小组,6 655 户,21 159 人。其中,6 个自然村分别为隆兴村、红星村、王家村、五星村、古城村、青龙村<sup>[2-3]</sup>。

受震中强震效应、陡峻的地形、地形放大效应、岩性和岩体结构以及强烈的风化卸荷作用,叠加断裂端点效应<sup>[4]</sup>，“4·20”芦山地震震中地质灾害与“5·12”汶川地震地质灾害有明显的区别,主要表现在以单薄山脊和陡峭边坡的崩塌落石为主,大、中型滑坡较少,未形成明显堰塞湖。震中龙门乡虽 99% 以上房屋垮塌,多因强烈地震所致,且倒塌的多为木屋架和砖混结构(砖墙为承重墙)的建筑,而因地震地质灾害直接损毁的房屋和设施较少。据震后排查统计,地震共诱发龙门乡地质灾害 35 处,主要分布于古城村、青龙场村、隆兴村等。

## 1 形成条件

芦山县龙门乡地处四川盆地西缘与青藏高原的过渡地带,呈北东南西向带状分布,属盆周山地地貌,地势上呈“两山夹一槽”,中间低,两侧高。中心地带龙门乡政府所在地为河谷平坝,龙门河由北东南西穿境内,向两侧依次为 I ~ IV 级阶地不等,逐步过渡到两侧的低中山区。

区内第四纪地层为上更新世、全新世地层。其中上更新统( $Q_3^d$ )主要分布龙门河两岸地带,具明显的二元结构;全新统( $Q_4^{apl+al+del}$ )包括区内 I 级阶地,河漫滩及现代滑坡堆积、残坡积等,主要分布于龙门河谷地带、山前坡麓地带。前第四系地层及岩性主要为第三系名山组( $E_{1-2}m$ )砂岩,白垩系夹关组砂岩( $K_2j$ )、灌口组砂岩( $K_2g$ )等。

龙门乡地处龙门山前带与前陆盆地的交接地区,断裂构造在区内比较发育,主要表现为北东向构造,龙门乡处于芦山向斜核部,大川断层南东翼(图 1)。

收稿日期(Received date): 2013-08-01; 修回日期(Accepted): 2013-12-06。

作者简介(Biography): 罗永忠(1966-),男,汉,河南光山人,工程硕士,高级工程师,主要从事地质灾害防治方面的研究。[Luo Yongzhong (1966-), male, Han, Henan Province, engineering master degree, senior engineer, research area: geological hazards prevention and control. ]Phone: 13076080313, E-mail: 351041227@qq.com

## 2 分布

“4·20”芦山地震诱发地质灾害 35 处,其中滑坡 14 处,占 40.0%;崩塌 21 处,占 60.0%;分布于古城村、青龙场村、隆兴村、红星村、王家村,分别为 13、9、9、3、1 处。同时,地震加剧了隆兴村山溪沟滑坡等原有灾害点(见图 1)。

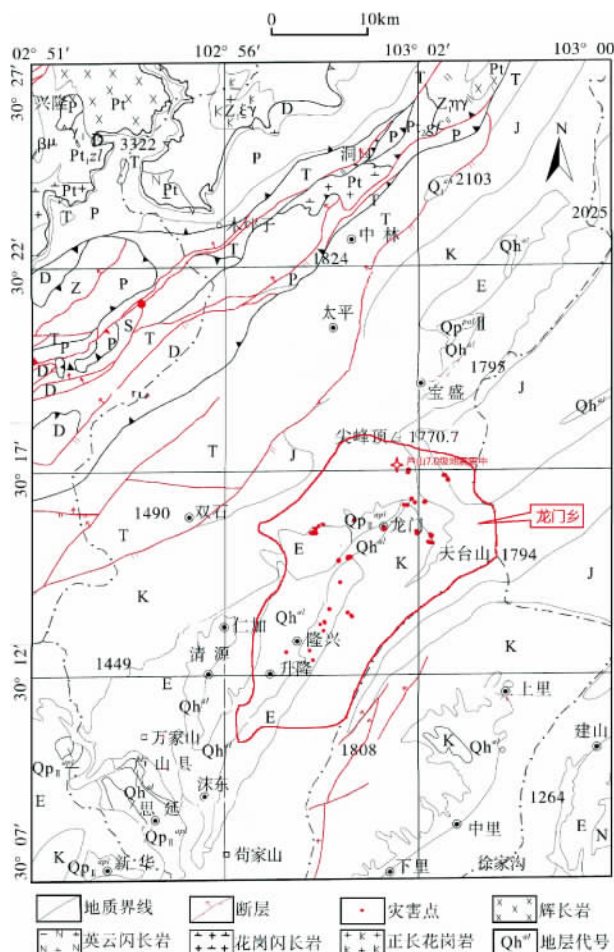


图 1 “4·20”地震芦山县龙门乡地质灾害分布及周边地质图  
Fig. 1 The distribution of geological hazards by the “4·20” Lushan earthquake in Longmen Township

## 3 形成特征

龙门乡地质灾害类型主要为崩塌、滑坡,其次为坡表零星的落石、坡体表层碎块石滑动等。受地形、岩性控制,崩塌以浅表震动-剥落型、拉裂-滑移型、震动-错落型居多,发育于坡体顶部、中上部凸出的坡体上,崩塌块石大部分堆积于坡脚民房后、公路上,少部分堆积于河(沟)床<sup>[5]</sup>。滑坡多因地震开

裂导致,属震动-蠕滑型,发育于区内 2~4 级阶地上居民房屋后;滑坡前后高差小、规模小,总体危害性较小。龙门乡地震地质灾害产生的共同特点是地形、高程放大效应<sup>[6]</sup>。

### 3.1 震动-剥落型崩塌

以口子岩下崩塌为代表,位于隆兴村山溪沟社。坡体高差 150 m,上陡下缓,包括邻近的 4 处崩塌。在地震力的作用下,山体震裂,顶部、中部凸出岩体松动解体崩落,一泄而下,顶部大块石崩落至中部坡体表面时发生碰撞,再次弹跳,撞击坡体表层松动岩体一起跳跃滚动,风化细颗粒及块石沿坡脚堆积,形成倒石堆,大块石继续弹跳滚动,最终停止于平缓地带-民房背后竹林里(图 2)。

口子岩下崩塌发育于名山组厚层砂岩中,坡向 170°,逆向坡,但由于其处于中山区,风化卸荷明显,一组结构面  $162^\circ \angle 80^\circ$ ,另一组结构面  $60^\circ \angle 70^\circ$ ,加之山高坡陡,在地震动力作用下,高程放大效应和地形放大效应显著,岩体震动拉裂、碎裂解体,沿结构面卸荷带倾倒、坠落崩塌。其滚动过程可分为两段:首先,在高程放大效应下,顶部或中上部岩体先崩塌;接着,落石撞击下部坡体卸荷带岩体,使之碎裂,同时使撞击岩体部分解体,因此远眺坡体自顶而下呈瀑布式条带状分布的崩塌块石运动轨迹。

### 3.2 拉裂-滑移型崩塌

以青龙场村纸坊山社大岩腔崩塌(图 3)为代表。该崩塌发育于厚层状的白垩系夹关组砂岩,反倾坡,岩层产状  $175^\circ \angle 31^\circ$ ,主要受两组结构面控制,产状为  $212^\circ \angle 69^\circ$ 、 $270^\circ \angle 81^\circ$ 。早期机耕道修建切坡致使前缘临空,稳定性较差。在地震动力作用下,结构面被震开贯通,在重力作用下,沿缓倾坡外结构面产生滑移破坏。其发育条件是河流下切、山体抬升,加之人类切坡开挖,产生强烈的卸荷作用,在顺坡向缓倾层理面和两侧陡倾结构面的共同作用下,平行坡面结构面产生张拉破坏,并迅速堆积于坡脚。此类崩塌多发生于厚层-巨厚层状的缓倾岩体中。

### 3.3 震动-错落型崩塌

以芦山-龙门公路 2#崩塌为代表,发育于白垩系夹关组砂岩形成的陡崖(图 4),坡向  $314^\circ$ ,岩层产状  $150^\circ \angle 25^\circ$ ,倾坡内,受 2 组结构面控制:  $265^\circ \angle 80^\circ$ 、 $355^\circ \angle 70^\circ$ ,卸荷裂隙发育,受风化、构造剥蚀作用,岩体底部悬空,在长期重力作用下,其稳定性逐渐降低,加之本次地震的振动作用,导致连通母岩的“岩桥”剪断,产生错动坠落破坏。这类崩塌的发

育条件是岩体受层理面、节理面的切割,但节理面未完全贯通,凸出于陡峭坡体上,且底部有凹腔,在地震、自重等作用下,危岩体与母体之间连接的岩桥被剪断,导致岩块与母体脱离产生错落式破坏。此类崩塌位于斜坡中上部灌木丛中,隐蔽性极强。

#### 3.4 震动-蠕滑型小型土质滑坡

以古城村古城社加油站对面滑坡为代表,发育

于Ⅲ级阶地上更新统地层中,滑坡前后高差 8 m,纵长 12 m,宽 35 m,平均厚度 4 m,总方量 3 350 m<sup>3</sup>,属小型牵引式土质滑坡(图 5)。

坡体中后部土体震动塌堆积于坡脚,牵引后缘土体下错并拉裂,未来随雨水下渗,滑坡有连续向坡外滑移的可能。这类滑坡在龙门乡较为普遍,其形成条件是坡体前缘有陡倾临空面(图 6),或是早



图 2 震动-剥落型崩塌

Fig. 2 Vibration-exfoliation collapse

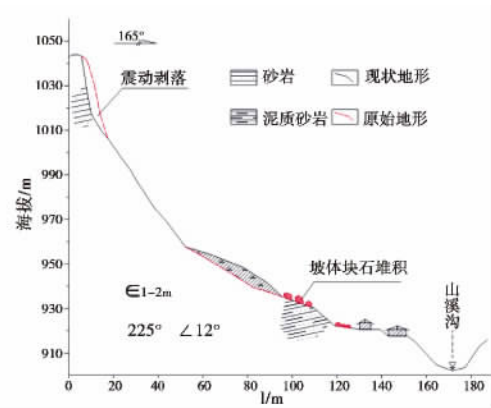


图 3 拉裂-滑移型崩塌

Fig. 3 Crack-sliding collapse

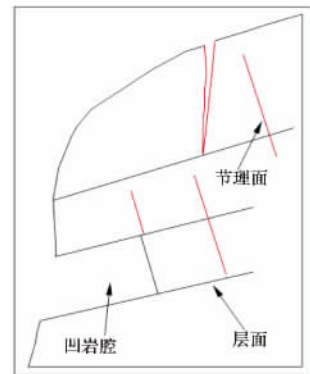


图 4 震动-错落型崩塌

Fig. 4 Vibration-sattered collapse

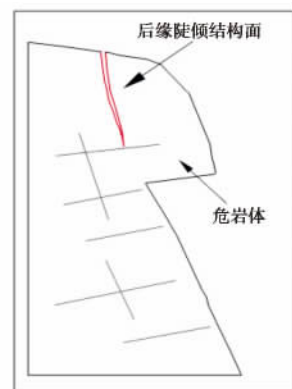






图5 加油站对面滑坡外貌图

Fig. 5 Landslide profile toward gas station

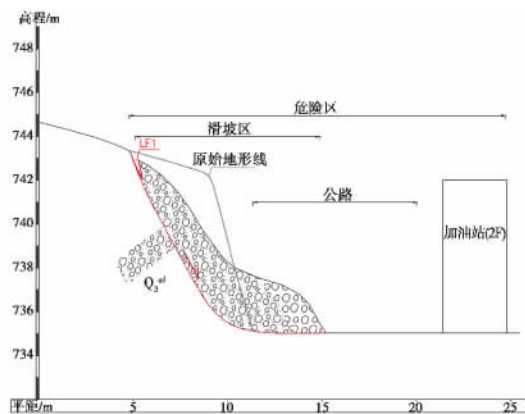


图6 震动-蠕滑型滑坡形成机制

Fig. 6 Vibration-creeping landslide

期房屋修建或公路开挖切坡而致,在地震动作用下,地形放大效应显著,坡顶产生多级拉裂缝并逐级下错,并随同下部土体在震动作用下一起向坡下滑移,堆积于坡脚。

#### 4 危害性

对比“5·12”汶川大地震,“4·20”芦山地震新产生的崩塌比滑坡比例高得多,而且崩塌块石堆积于公路、坡脚居民区,其危害程度也比滑坡相对较为严重。

龙门乡地震地质灾害中,崩塌块石堵塞芦(山)-龙(门)-邛(崃)公路交通有5处,堵塞机耕道4处,崩塌堆积体入芦山河玉溪河段,形成小型堰塞体2处,砸毁民房2处,以崩塌落石至公路、民房处危害最大。分析其运动特点和危害方式,可将崩塌块石在斜坡上的运动分为三个阶段,即陡崖→斜坡→陡坡。危岩在地震触发下失稳,经重力加速,向坡脚快速运动。首先危岩从陡崖上启动向下运动过程中具有较大的能量,冲击力大,与斜坡上堆积块石发生碰撞再次弹跳,至坡脚陡坎(切坡建房或修公路内侧堡坎)时,直接腾跃而下,冲击公路面或民房屋顶或墙体,造成较为严重的经济损失。

相对于崩塌灾害而言,14处滑坡造成的灾害均为小型,表现为滑坡土体堵塞屋后水沟,或房前陡坎局部滑塌,间接影响居民出行和生产生活。区内居民区多居住在芦山河的Ⅰ~Ⅳ级阶地上,地震造成陡(梯)坎前缘附近土体开裂,在重力作用下土体失稳向坡脚滑移,并牵引后缘土体向下错动。因居民房前屋后陡坎不高,滑坡危险区并不大,因此形成的

规模小,滑移土体也容易被清理<sup>[7]</sup>。

#### 5 防治建议

“4·20”芦山地震发生后,虽经历过上千次余震,但都不可能将“震而不崩、摇而未掉”的岩土体全部震落。伴随着灾区的过渡安置房建设及未来3a灾后恢复重建,在未来特大暴雨和再次余震诱发下,势必形成更大次生地质灾害。因此,有必要采取科学安全有效的防治措施。

1. 对龙门乡边界两侧的中低山区山顶高悬的危岩崩塌,如峡谷2#崩塌、口子岩下崩塌、老鸦水井崩塌等,因斜坡较陡,切割深度大,危岩崩塌随机性强,且危险区范围大,坡脚居民分散,无主动加固的施工条件,根据居民区的分布情况,应采取被动拦挡为主,如拦石墙、被动防护网、旧钢轨格栅林等。

2. 对地处阶地和山区过渡带的公路或机耕道沿线带的危岩、崩塌,如纸坊山社大岩腔崩塌、芦山-龙门公路1~2#崩塌、龙门至宝盛峡谷1#崩塌等,斜坡虽陡峭,但位置相对较低,地震导致斜坡岩体崩塌后,坡体上危岩分布位置多形成凹腔,岩体松动,很多坡面表层危石处于“松而未垮、动而未滚”的状态,应及时采取人工或爆破手段清除,局部凹腔应采取支撑、衬砌等。节理较发育破碎段可采用“门帘式”主动防护网拦截,较完整危岩体可直接采取锚杆或锚索支护加固<sup>[8]</sup>。

3. 龙门乡境内滑坡规模较小,系在地震裂缝基础上发育形成的阶坎土体牵引变形,因此,治理工程以挡墙支挡,及斜坡后缘截排水工程为主,少数采取桩板墙工程。

4. 对境内地质灾害点加强监测,主要是地表简易观测。

## 6 结语

“4·20”芦山地震震中龙门乡地震触发的地质灾害类型为崩塌、滑坡,以崩塌数量居多,崩塌失稳模式为震动-拉裂-滑移、震动-拉裂-错落,其危害性最大;滑坡规模小,失稳模式为震动-拉裂-蠕滑。考虑地震地质灾害的滞后效应,开展对震中区地质灾害发育特征研究,将为灾区安置点规划,尤其为灾后3 a恢复重建提供安全保障。

## 参考文献(References)

- [1] Sichuan Lushan Longmen Town, more than 99% of houses collapsed, the affected population 1 520 000, [N/OL]. (2013-4-20). <http://www.people.com.cn> [四川芦山龙门乡99%以上房屋垮塌、受灾人口152万[N/OL]. (2013-04-20)] <http://www.people.com.cn>
- [2] Luo Yongzhong. Geological hazard research assessment and district report in Lushan county of Sichuan Province [R]. Chengdu: Architecture Investigation Designing Institute of Sichuan Province, 2011. 5. [罗永忠. 四川省雅安市芦山县地质灾害调查评价与区划报告[R]. 成都: 四川省川建勘察设计院, 2011. 5.]
- [3] Luo Yongzhong. “4.20” Ya'an City Lushan Earthquake geological hazards survey and assessment report [R]. Chengdu: Architecture Investigation Designing Institute of Sichuan Province, 2013. 5. [罗永忠. 4.20雅安市芦山地震芦山县地质灾害隐患点调查评价报告[R]. 成都: 四川省川建勘察设计院, 2013. 5.]
- [4] Huang Renqiu, Tang Chuan, Li Yong, et al. Geo-hazard Assessment of the Wenchuan Earthquake [M]. Beijing: Science Press, 2009. [黄润秋, 唐川, 李勇, 等. 汶川地震地质灾害研究[M]. 北京: 科学出版社, 2009.]
- [5] Feng Wwenkai, Xu Qiang, Huang Renqiu. Preliminary study on mechanical mechanism of slope earthquake-induced deformation [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2009, 28(Suppl. 1): 3124-3130 [冯文凯, 许强, 黄润秋. 斜坡震裂变形力学机制初探[J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28(增刊1): 3124-3130]
- [6] Zhang Zhuoyuan, Wang Shitian, Wang Lansheng, et al. Theory of engineering geology analyze [M]. Beijing: Geology Press, 2009. [张俤元, 王士天, 王兰生, 等. 工程地质分析原理[M]. 北京: 地质出版社, 2009.]
- [7] Ministry of Land and Resources of People's Republic of China. Specification of geological investigation for landslide stabilization DZ/T0218-2006 [S]. Beijing: China Standard Press, 2006. [中华人民共和国国土资源部. 滑坡防治工程勘查规范 DZ/T0218-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.]
- [8] Ministry of Land and Resources of People's Republic of China. Specification of design and construction for landslide stabilization, DZ/T0218-2006 [S]. China Standard Press, 2006. [中华人民共和国国土资源部. 滑坡防治设计与施工技术规范 DZ/T0219-2006[S]. 中国标准出版社, 2006.]

# Characteristics of Geological Hazards in Longmen Township by “4·20” Lushan Earthquake, China

LUO Yongzhong

(Architecture Investigation Designing Institute of Sichuan Province, Chengdu 610017, China)

**Abstract** “4·20” Lushan Earthquake is a shallow tectonic earthquake in south of Longmen Mountain fracture zone. Its epicenter is located in Mabian gully of Longmen Township Lushan of Sichuan, China. And its seismic intensity reaches to IX degree. The earthquake leads to the damage of 99 percent of houses in Longmen Township. It induced 35 geological hazards. The main types of geological hazards are landslides and rockfall, take account for 40 percent and 60 percent. They happen in five villages of Longmen Township. The rockfall failure mode is vibration-exfoliation, vibration-fracturing-sliding and vibration-fracturing-scattered. The landslides failure mode is vibration-fracturing-creeping. Besides the earthquake triggering effect the earthquake geological hazards are controlled by the prominent characteristics of steep topography, terrain and elevation amplification effect. And the strongly weathered unloading rock mass are the material basis of geological hazards. Rockfall failure is more severe in Longmen Township than landslides. Geological hazards character research hazard development tendency is of great significance to resettlement plan and reconstruction in hazard areas.

**Key words:** Lushan Earthquake epicenter; geological hazard character; rockfall