

文章编号: 1008 - 2786 - (2013) 1 - 101 - 07

“9·07”彝良地震诱发次生山地灾害调查 及减灾建议

王东坡^{1 2 3} 何思明^{1 2*} 葛胜锦^{4 5} 潘长平^{4 5} 翟敏刚^{4 5}

(1. 中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室 四川 成都 610041;

2. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所 四川 成都 610041;

3. 中国科学院大学 北京 100049; 4. 中交第一公路勘察设计研究院有限公司 陕西 西安 710075;

5. 陕西省公路交通防灾减灾重点实验室 陕西 西安 710075)

摘 要: 2012 年“9·07”彝良地震诱发大量的次生山地灾害,包括崩塌、滚石、滑坡、泥石流等。其中,崩塌、滚石不仅造成了大量人员伤亡和房屋损毁,也阻塞了救援道路,严重延缓了救援进度。且由于地震及余震多次往复作用,造成大部分山体稳定性降低,在未来几年甚至几十年,山地灾害将进入频发期,灾害链[滚石、崩塌、滑坡-泥石流-堵江(堰塞湖)-溃坝(洪水、更大规模泥石流)]表现将尤为突出。通过地震后对彝良县城洛泽河镇地震重灾区展开次生山地灾害调查,提出震区次生山地灾害的减灾建议。

关键词: “9·07”彝良地震; 次生灾害; 崩塌; 滚石; 滑坡; 泥石流

中图分类号: P642 P694 X4

文献标志码: A

我国西部地区多山且地震频发,地震直接或间接诱发大量崩塌、滚石、滑坡、泥石流等次生山地灾害,给灾区人民群众生命和财产安全带来巨大威胁。比如,2008 年“5·12”汶川地震新诱发次生山地灾害点达 5 094 处(其中滑坡 1 701 处,崩塌 1 866 处,泥石流 304 处,不稳定斜坡 1 093 处,地面塌陷 21 处,地裂缝 123 处)^[1],而未探明的潜在山地灾害数量不可估量。因此地震诱发次生山地灾害应引起高度重视。

作者于 2012-09-07 彝良地震后第四日奔赴地震灾区对彝良县城洛泽河镇地震重灾区展开次生山地灾害调查,并提出地震区次生山地灾害的减灾建议。

1 “9·07”彝良地震概况

2012-09-07 T 11:19、T12:16,云南省彝良县与贵州省威宁县交界处相继发生 5.7 级和 5.6 级地震(简称“9·07”彝良地震)。据民政部统计^[2],截至 9 月 10 日 9 时,云南省彝良地震已造成 81 人死亡、74.4 万人受灾,直接经济损失达 35.1 亿元。地震诱发大规模次生山地灾害,据初步统计:引发滑坡 259 处 40 130 m³、崩塌、滚石灾害 189 处 1 635 m³。10 月 4 日上午 8 时许,强降雨诱发地震灾区的彝良龙海乡镇河村油房村民小组发生山体滑坡,约 16 × 10⁴ m³ 的滑坡体将 18 名学生和 1 户农户 1 人掩埋,并阻断河流形成堰塞湖。

收稿日期(Received date): 2012-09-25; 改回日期(Accepted): 2012-11-30。

基金项目(Foundation item): 科技部支撑项目(2011BAK12B03),国家自然科学基金(41272346)。[Supported by Ministry of Science and Technology of China(2011BAK12B03), Supported by NSFC(41272346).]

作者简介(Biography): 王东坡(1984-),男,甘肃天水人,博士研究生,主要从事山地灾害机理分析及防治。[Wang Dongpo(1984-), male, doctoral candidate, be engaged in the analysis and control about the mountain hazards.]E-mail: dongpo_007@163.com

* 通讯作者(Corresponding author): 何思明(1968-),男,四川蓬溪人,博士,研究员,博士生导师,主要从事山地灾害形成机制及防治技术等方面的研究工作。[He Siming(1968-), male, doctor, professor, doctoral supervisor, be engaged in the research about the mountain hazards and their prevention.]E-mail: hsm112003@yahoo.com.cn

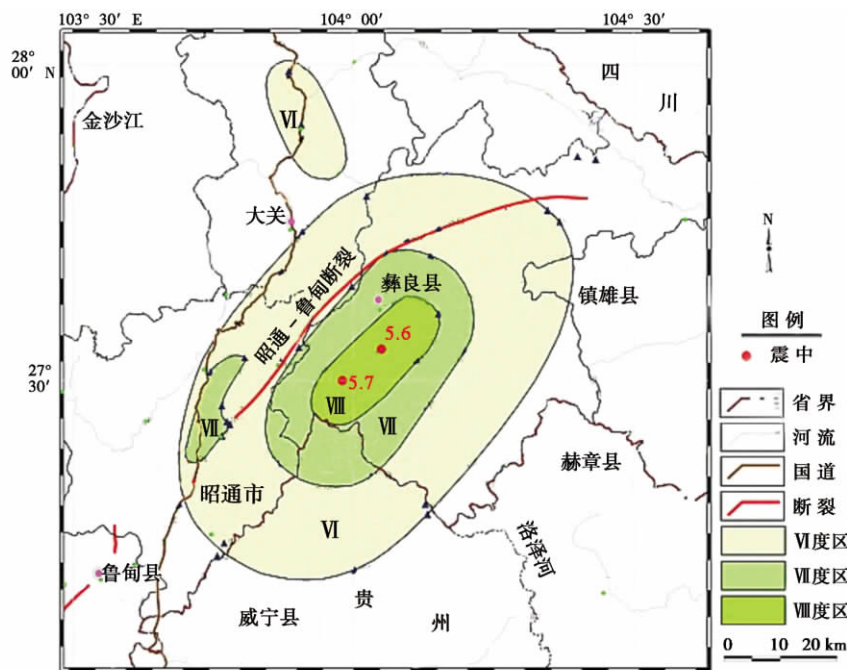


图1 云南彝良地震烈度分布图(据地震台网^[3])

Fig. 1 The seismic intensity profile of YiLiang(From seismic network^[3])

此次地震类型被认定为“震群型”,发震构造位于西鱼河断裂及昭通断裂附近,震源机制为走滑型,兼有少量逆冲分量。

经调查,根据房屋破坏和地表破坏程度,地震的极震区烈度为Ⅷ度。其中,发生在9月7日12时16分的5.6级地震的等震线形状呈椭圆形,长轴走向为北东向(图1),Ⅵ度区以上面积约3 697 km²。

Ⅷ度区包括彝良县洛泽河镇和角奎镇,分布面积约263 km²。

Ⅶ度区包括彝良县洛泽河镇、角奎镇、海子乡、奎香乡、龙安乡、莽山乡和龙街乡,昭阳区北闸镇、凤凰街道办、靖安乡、旧圃镇、盘河乡、青岗岭乡和小龙洞乡,威宁县石门乡,分布面积约792 km²(其中,云南省674 km²,贵州省约118 km²);Ⅵ度区西自昭阳区乐居乡,东至镇雄县杉树乡,北自大关县天星镇,南至威宁县中水镇,分布面积约2 642 km²(其中,云南省2 181 km²,贵州省约461 km²)。

2 彝良地区地质地貌

彝良县处于南北向小江深大断裂东侧,区内发育一系列活动断裂,地震频繁。一方面,地震灾区处于小江地震带影响区,小江地震带历史上曾发生多次强烈地震;另一方面,西鱼河-昭通断裂也曾发生

多次地震。自1900年以来,震区50 km范围曾发生5级以上地震8次,比较典型的有1948-10-09发生在贵州威宁的5.8级地震,距离本次地震震中11 km;1948-10-10发生在云南大关的5.8级地震,距离本次地震震中23 km。自1948年以来,震区100 km范围发生5.0级以上地震达28次,其中1974-05-11发生在大关的7.1级地震(距离本次地震震中78 km),造成1 423人死亡、1 600多人受伤的惨痛灾难。

彝良县历史上的强烈地震,曾诱发大量崩塌及滑坡等次生山地灾害,如大关地震诱发大量崩塌、滑坡灾害,木杆河峡谷两侧尤甚;崩塌使极震区的沟渠、耕地遭到破坏;海口、顺河两处巨大的滑坡和崩塌体堵江;手扒崖大崩塌使该居民点全村被埋,居民无一幸免。洛泽河两岸分布有多处大型崩积体以及崩落大块石,也与该区域强震频发,多次诱发崩塌、滑坡有关。

区内地质构造作用强烈,褶皱、断裂发育,岩体破碎。出露的地层岩性主要有^[4-5]:

峨眉山玄武岩组($P_2\beta$)(主要为二叠纪玄武岩、凝灰岩、凝灰质砂页岩、火山集块岩等),主要分布在昭通至彝良沿线,风化强烈、岩体破碎,公路边坡开挖后极易失稳。

碳酸盐岩(主要为泥盆系-二叠系(D-P)灰

岩、白云岩、泥质灰岩等),岩质坚硬,主要分布昭通—彝良—岔河沿线和猫(猫山)谢(家坳)线。地面横坡陡峻,多形成陡崖跌水,为地震崩塌灾害高发区。

红层碎屑岩[主要为三叠系—侏罗系(T—J)地层],分布在昭通—彝良—岔河公路彝良段,以及两条通乡公路,软弱泥质岩为主,风化强烈、岩体破碎,工程性质差。

泥盆系(D)碎屑岩,主要分布在昭通—彝良—岔河公路,主要为砂页岩及粉砂岩互层,间夹灰岩、泥灰岩,层间结合差。

3 地震诱发的次生山地灾害

彝良地震区近南北向、近东西向和北东向的褶皱、断裂均较发育,其中以北东向构造近期最为活跃。震区出露的岩石主要为白云质灰岩、石灰岩、玄武岩、砂岩、页岩等,尤以石灰岩和玄武岩分布最广。由于岩层节理发育,风化强烈,加上降雨较多,为崩塌、滑坡等山地灾害的形成提供了条件,从而大大加重了地震灾害。

此次地震形式为两次强震叠加,第一次地震震中距离彝良县城 15 km 左右,第二次震中距离县城约 5 km,逼近人口更加稠密的地区,产生了更强的破坏性。连续发生的地震为震源深度仅有 9~14 km 的浅源地震,因此破坏性巨大,且随后在 2012—09—10—09—11 连降暴雨(根据气象部门资料,县城降雨量达 152 mm,其中红石岩移动自动站监测到降雨量达 183.3 mm),在地震及暴雨作用下,斜坡岩土体极易失稳,从而诱发大量崩塌、滚石、滑坡、泥石流等山地灾害。

此外,彝良县洛泽河镇最高海拔 2 780 m,最低 850 m,相对高度达 1 930 m,这种高山峡谷地貌为山

体边坡的失稳提供了有利条件。由于地震荷载的多次往复作用,许多山体的整体性遭到破坏,部分山体后缘出现裂缝,形成不稳定边坡,在强降雨条件下极易失稳,形成更多的滑坡、崩塌,同时为泥石流活动提供了丰富的松散固体物质,必将加剧泥石流灾害,大规模的滑坡还有可能造成洛泽河河道堵塞,形成堰塞湖。

作者于地震后第四日对彝良县地震重灾区洛泽河镇一带进行了实地考察,发现由地震诱发的次生灾害造成人员、财产的损失异常严重,如表 1 所示。总的来说此次地震诱发的次生山地灾害类型^[6-8]主要有崩塌、滚石、滑坡及泥石流等。

3.1 崩塌滚石

崩塌、滚石是彝良地震区最主要的次生山地灾害,也是危害最大的灾害,在已公布的 81 名遇难者中,被滚石砸中的占 80%。在震后的强余震期内,斜坡上仍然滚石不断,严重威胁行车安全,阻碍救援队伍和工程机械进入灾区,加大了救援难度,给灾区造成更为严重的危害(图 2~3)。

3.2 滑坡

根据对遥感影像观察,地震诱发滑坡分布范围较广,主要以阻断交通、阻断河流等成灾方式造成危害。滑坡主要分布于白水江、洛泽河干流两岸及其支流小米溪河谷地带。

从现场调查情况看,地震引发的滑坡大多为规模较小的堆积层滑坡,但也有部分规模较大的古滑坡有复活的前兆,如遇余震或强降雨,古滑坡有复活的可能(图 4~5)。在灾后重建过程中应引起高度重视。由表 1 还可看出,彝良龙海乡镇河村油房村民小组山体滑坡发生在地震烈度为Ⅶ度区。一般认为,地震次生山地灾害多发生在Ⅶ度区内,但由此可见,对于地震烈度Ⅶ度区以下的波及区也应重视山地

表 1 洛泽河一带地震次生山地灾害统计表
Table 1 The Secondary mountain disaster statistics of Luoze River

灾害类型	数量/ 个(条)	百分比 /%	地震烈度区	危害程度	特征
崩塌、滚石	135	87	Ⅶ度区	洛泽河镇死亡 62 人中绝大多数遇难者为滚石砸中,交通道路受阻,砸毁大量房屋	分布范围广,数量大,对过往行人及车辆造成较大威胁
滑坡	4	2.68	Ⅵ度区	18 名学生、1 名农民遇难,校舍被掩埋,一家农户被掩埋	阻断交通,阻断河流
泥石流沟	16	10.32	Ⅶ度区	县城彝良镇遭受泥石流危害	单点暴发,来势凶猛、迅速
合计	155	100			

灾害的危害。

3.3 泥石流

彝良地震重灾区地处高山峡谷地段,本身即为泥石流多发区,主要分布于洛泽河干流两侧及其支流小米溪、巴抓河上游左岸奎香一带(图6~7)。由于震后环境地质条件巨变,松散堆积物剧增,为泥石流的发生提供了巨量的固体物源。根据“5.12”汶川地震灾后次生山地灾害活动规律^[6-9]来看,泥石流灾害将是彝良地震区今后若干年面临的主要灾害,应当高度重视,防患于未然。



图2 震后诱发崩塌灾害

Fig. 2 Earthquake induced collapse disasters



图3 巨型滚石对道路冲击

Fig. 3 Giant rolling stones impact the road



图4 震后降雨诱发滑坡

Fig. 4 Rainfall induced earthquake landslide after the earthquake

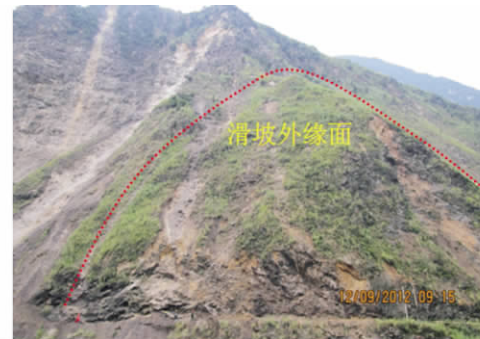


图5 古滑坡正面图

Fig. 5 Ancient landslide elevation



图6 初具规模的泥石流沟

Fig. 6 A certain scale of the debris flow gully



图7 泥石流对彝良县城的破坏

Fig. 7 The debris flow destruction of Yiliang county

4 次生山地灾害发展趋势

由于彝良地处高山峡谷区,地形陡峻,侵蚀强烈,多数山体坡面处于基本稳定或亚稳定状态。在“9·07”彝良地震的作用下,已发育了大量的崩塌、滑坡,以及大面积的岩土体松动。在降雨条件下,雨水沿坡面裂隙入渗,进一步降低边坡的稳定性。因而,近3 a内,地震区还会发生大量的滑坡、崩塌;随着时间的推移,不稳定斜坡数量逐渐减少,滑坡和崩塌

活动将呈现逐渐减弱的趋势,持续 10 a 左右。

震区内大量的松散固体物质存在,可预测彝良地区泥石流长期发展趋势为:活跃期—平静期交替、活跃期逐渐缩短、平静期逐渐延长。根据汶川地震、炉霍地震以及松潘—平武地震等震后泥石流活动规律判断,彝良地震灾区泥石流将在未来 5 a 内进入极度活跃期,随后逐渐衰减,持续时间约 20 a 以上。

可预计的是,至 2013 年雨季到来之前,崩塌、滚石灾害仍将大量存在,在外界扰动(余震、强降雨、人工扰动等)情况下,还将有滑坡产生的可能性,但暴发泥石流的可能性很小;应当警惕的是 2013 年雨季,在局部强降雨条件下,泥石流产生的可能性极大,并伴随有大量崩塌、滚石灾害发生。

5 山地灾害防治对策

5.1 地震后彝良重建面临的主要问题

5.1.1 次生山地灾害将持续发展

彝良地震对灾区山体的稳定性造成了极大破坏。据云南省国土资源厅报道,截止 2012 年 9 月 16 日已组织排查彝良县、昭阳区、大关县 14 个乡镇(镇)的地质灾害隐患点 256 个,近期开展的详细排查又发现了更多的灾害点,还有不少未被查出。

已查明被地震震裂和松动山体形成数量庞大的松散堆积物,为山地灾害形成储备了巨大的物质来源,在未来 5~10 a 内将孕育众多崩塌、滑坡(2012-10-04 T8:00 发生的彝良龙海乡镇河村油房村民小组山体滑坡造成 19 人遇难,便与地震对山体的破坏有一定关系),且伴随 2013 年雨季的到来,预计将会发生更多的泥石流,地震次生山地灾害继续恶化的局面在短期内将难以逆转。

此外,彝良地区有丰富的矿产资源,有中型矿床 3 处、小型矿床 15 处,铅锌矿集中分布在洛泽河、龙街等乡(镇),灾区随处可见尾矿库,应建立完善尾矿库和弃土弃渣场安全隐患排查治理制度,深入开展尾矿坝的隐患排查,防止尾矿坝溃坝引起泥石流灾害发生。

5.1.2 灾后重建项目草率动工

据报道^[10],“震灾之后,云南彝良重建问题迫在眉睫。目前彝良初步形成的重建规划总投资达到约 288 亿元,涉及项目 775 个,重建将分为三个阶段,时间设计 2 年。其中第一阶段为基本保障重建阶段,时间跨度为 2012 年 10 月—2013 年 1 月(春节

前),重点是民房恢复重建,学校恢复上课。”

灾后重建期间重大山地灾害事件不断发生,一些灾后重建项目在尚未查清地质环境背景的情况下匆忙动工修建,部分灾害点的定性不准,以致留下安全隐患,不少灾后重建工程仍然建在山地灾害危险区内,潜在灾害的风险令人担忧。部分灾点的灾害治理与重建规划不够协调和配套,使得一些灾后重建工程和部分居民安置点仍未避开山地灾害危险区,具有二次成灾的风险。彝良龙海乡镇河村油房村民小组山体滑坡便是惨痛的教训。

彝良地震后重建应深刻吸取汶川地震经验及教训:2008-09-24 泥石流冲毁多处地震灾民安置板房,仅北川县就有 20 余人死亡;汶川县灾后重建的 27 个居民点中,有 24 个未避开山地灾害威胁区,该县龙溪乡寄宿中学甚至建在泥石流堆积扇上。

5.2 震后次生山地灾害防治建议

5.2.1 增强民众防灾意识,普及灾害防治知识

众多事实和经验证明,有防灾意识且掌握一定防灾技能的个人或集体,可以有效保护好自己的生命和财产安全。采用报刊、杂志、广播、网络、墙报、宣传手册等多种形式宣传、普及山地灾害防治知识,并在一些高风险地区进行实战演练,引导当地群众自觉地加入到防灾、减灾工作中。

5.2.2 加强山地灾害监测预警

山地灾害的发生与强降水密切相关,应加强降水(特别是局地强降水)的监测和预报工作,及时开展山地灾害预测预报工作。对具有重要危害对象的山地灾害点应进行监测和预警,减轻山地灾害的危害。

5.2.3 高度重视震后重建选址工作,避开山地灾害危险区

对山地灾害进行系统调查和勘测,排查重大灾害隐患点,进行灾害风险分析,选择安全岛^[9]区域作为灾后重建的场址,避免重大人员伤亡;对无法绕避的重建点,应开展详细的勘察工作,采取工程措施、生态措施和预警措施相结合的方法对山地灾害进行综合治理和监测,确保重建工程安全。

5.2.4 遵循次生山地灾害演化规律,避免治理工程盲目上马

地震引发的次生山地灾害有其自身的发展演化规律,震后 5 a 时间内是泥石流、滑坡、崩塌等次生山地灾害的高发期和活跃期,应尽量避免在这个时期开展大规模工程治理,特别是规模较大的次生灾

害点,灾害工程防治可在 5 a 后逐步实施。

5.2.5 以科技为先导,制定切实可行灾害防治方案

“5·12”汶川地震后,国家投入大量经费开展次生山地灾害形成演化机理与新技术研发工作,取得了众多研究成果,比如:崩塌滚石灾害耗能减震防治技术、强震带边坡位移控制设计与柔性防护技术等。在彝良灾后重建过程中,可以充分利用这些研究成果为次生山地灾害防治提供技术支持,制定切实可行的灾害防治方案,确保灾区人民生命和财产安全。

6 结论

“9·07”彝良地震诱发的主要次生山地灾害是崩塌、滚石、滑坡、泥石流,其中崩塌、滚石为造成人员和财产以及交通阻断的主要次生灾害,

由于地震及余震多次往复作用,造成大部分山体稳定性降低,这些不稳定边坡在强降雨条件下,极易失稳,形成更多的滑坡、崩塌,给抗震救灾和灾后重建增添新的困难,同时,滑坡为泥石流活动提供了丰富的松散固体物质,必将加剧泥石流灾害,大规模的滑坡还会造成河道堵塞,形成堰塞湖。因此,在未来几年甚至几十年,震后次生山地灾害将进入频发期,灾害链[滚石、崩塌、滑坡—泥石流—堵江(堰塞湖)—溃坝(洪水、更大规模泥石流)]表现将尤为突出。

针对彝良特殊的地质地貌,在灾后重建的过程中,要非常重视山地灾害的影响,根据山地灾害的特征和发展趋势,制定切实可行的应急减灾措施,防止山地灾害对恢复重建后的基础设施和重建场址造成危害。

参考文献(References)

- [1] The earthquake relief headquarters of the ministry of land and resources. Sichuan province/5.12 the earthquake disaster area geological disaster emergency summary report [R]. 2008. 6 [国土资源部抗震救灾前线指挥部. 四川省 5.12 地震灾区地质灾害应急排查总结报告[R]. 2008. 6]
- [2] The Ministry of Civil Affairs Department of the Relief. The disaster summary of Yiliang earthquake. [EB/OL]. <http://preview.jzs.mca.gov.cn/article/zqkb/zqhz/201209/20120900354758.shtml>

- [3] China Earthquake Network Center A magnitude of 5.7, 5.6 magnitude earthquake occur on the border of Yiliang, weining on September 7, 2012. [EB/OL]. http://www.cenc.ac.cn/manage/html/402881891275f6df011275f971990001/_content/12_09/07/1347007126477.html [中国地震台网. 2012 年 9 月 7 日云南彝良、贵州威宁交界 5.7、5.6 级地震 [EB/OL]. http://www.cenc.ac.cn/manage/html/402881891275f6df011275f971990001/_content/12_09/07/1347007126477.html]
- [4] Committee of Chorography of Yiliang County. Yiliang County annals [M]. Kunming: Yunnan People's Publishing House, 1995 [彝良县志编纂委员会. 彝良县志 [M]. 昆明: 云南人民出版社, 1995]
- [5] Lü Yong, Li Gao-liang, Zhang Gui, et al. Characteristics of the geological hazard distribution and the control measures in Yiliang county, Yunnan [J]. 2009(02): 219 - 223. [吕勇, 李高良, 张贵, 等. 彝良县地质灾害分布特征及防治建议 [J]. 2009, 2: 219 - 223]
- [6] Cui Peng, Wei Fangqiang, He Siming, et al. Mountain disasters induced by the earthquake of May 12 in Wenchuan and the disasters mitigation [J]. Journal of Mountain Science, 2008, 26(03): 280 - 282. [崔鹏, 韦方强, 何思明, 等. 5·12 汶川地震诱发的山地灾害及减灾措施 [J]. 山地学报. 2008, 26(03): 280 - 282]
- [7] Xie Hong, Wang Shige, Kong Jiming Distribution and characteristics of mountain hazards induced by the earthquake of May 12 in Wenchuan, China [J]. Journal of Mountain Science 2008 26(04): 396 - 401 [谢洪, 王士革, 孔纪名. “5.12”汶川地震次生山地灾害的分布与特点 [J]. 山地学报 2008 26(04): 396 - 401]
- [8] Shen Jun, He Siming, Wu Yong. Present research status and development trend of rockfall hazards [J]. Journal of Catastrophology, 2008 04: 122 - 125 [沈均, 何思明, 吴永. 滚石灾害研究现状及发展趋势 [J]. 灾害学 2008 04: 122 - 125]
- [9] Xie Hong, Zhong Dunlun, Jiao Zhen, et al. Debris flow in Wenchuan quake-hit area in 2008 [J]. Journal of Mountain Science, 2009, 27(4): 501 - 509 [谢洪, 钟敦伦, 矫震, 等 2008 年汶川地震重灾区的泥石流 [J]. 山地学报 2009 27(4): 501 - 509]
- [10] Yiliang Development and Reform Commission, Yiliang post-disaster reconstruction: 755 projects put on the planning, Investment about 28.8 billion [EB/OL]. <http://www.qianzhan.com/regieconomy/detail/197/120914-e1899d4c.html> [彝良发改局. 彝良震后灾后重建: 775 个项目提上规划投资约 288 亿 [EB/OL]. <http://www.qianzhan.com/regieconomy/detail/197/120914-e1899d4c.html>]

Mountain Hazards Induced by the Earthquake of Sep 07 2012 in Yiliang and the Suggestions of Disaster Reduction

WANG Dongpo^{1 2 3}, HE Siming^{1 2}, GE Shengjin^{4 5}, PAN Changling^{4 5}, ZHAI Mingang^{4 5}

(1. Key Laboratory of Mountain Hazards and Surface Process, Chinese Academy of Science, Chengdu 610041, China;

2. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;

3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 4. CCCC First Highway Consultants Co., LTD, Xian 71007, China;

5. Shaanxi Key Laboratory of Road Disaster Prevention, Xian 710075, China)

Abstract : Serious secondary mountainous disasters, including collapses, rockfalls, landslides and debris flows, were induced by the earthquake stricken Yiliang County of Yunnan Province, China on September 7th 2012. Collapses and rockfalls, as major secondary mountainous disasters, led to not only severe casualties and building damage, but also delayed rescue actions due to consequential road blocking. Decreases in stabilities of most mountain bodies in seismic regions, caused by repeated influences of the earthquake and its aftershocks, may lead to a period of frequent secondary disasters in the future years or even decades, featured especially by the disaster chain (rockfalls, collapses, landslides—debris flows—barrier lakes—dam break (flood, debris flows of even larger scale)). In the present study, after an investigation along Yiliang county and Luozehe town, typical secondary mountainous disasters which may be induced by this earthquake were analyzed and hazard mitigation suggestions were proposed aiming at these secondary disasters.

Key words “9·07” earthquake of Yiliang; secondary mountain disaster; collapse; rockfalls; landslide; debris flow