

文章编号: 1008 - 2786 - (2012) 6 - 701 - 08

汶川地震区绵竹小岗剑沟泥石流发展趋势

杨东旭^{1 2} 陈晓清^{1*} 游 勇¹ 柳金峰¹ 陈兴长³ 赵万玉¹

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所/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. 中国科学院大学 北京 100049; 3. 西南科技大学资源与环境工程学院 四川 绵阳 621010)

摘 要: 小岗剑沟是汶川地震区内一条典型的泥石流沟,位于绵远河的左测,流域面积 1.36 km²,沟床平均纵比降 412‰。该沟在 2008 年“5.12”汶川地震后多次暴发泥石流,掩埋从沟口通过的汉(旺)清(平)公路,给四川省绵竹市清平乡的地震灾后重建造成重大危害。通过初步分析,小岗剑沟泥石流的形成过程为:暴雨作用下沟因上游良好的汇流条件而产生山洪→山洪冲刷堆积在沟道内的松散固体物质形成小规模泥石流→泥石流沿大比降沟道向下运动,因具有强大动能而具有强大冲刷下切侵蚀能力,下切侵蚀下游沟床质以及沟口的老台地→在沟口形成大规模泥石流。地震后 4 a 内共暴发泥石流 10 次,将沟口老堆积体下切侵蚀深度达 35 m,泥石流冲出固体物质 50 × 10⁴ m³。目前,沟内仍有固体物质质量 334.3 × 10⁴ m³,可能参与泥石流活动的动储量为 156.8 × 10⁴ m³。如此大量的松散固体物源,使小岗剑沟可能还暴发大规模泥石流。通过泥石流形成因素分析,该沟泥石流活动总体呈强度下降趋势,泥石流活动类型:震后一段时间内为输移控制型、然后为输移控制型向松散固体物质控制型过渡,最后发展成为松散固体物质控制型。通过这些分析,为泥石流治理提供科学支撑。

关键词: 汶川地震;小岗剑沟;泥石流;发展趋势

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

2008 - 05 - 12 四川省汶川县发生里氏 8.0 级地震,主震区沿龙门山断裂带展布,面积近 10 × 10⁴ km²。汶川地震及其余震对龙门山一带的山体造成了严重的破坏,诱发大量的崩塌和滑坡^[1-2],产生巨量的松散固体物质为泥石流形成提供了良好的条件^[3],震后近 4 a 内暴发了数量众多的泥石流,对地震区灾后重建造成了重大的人员伤亡和财产损失^[4-9]。其中四川省绵竹市小岗剑沟泥石流尤为典型,多次暴发,堵断绵远河,淹没汉(旺)清(平)公路,给清平乡的灾后重建造成重大危害^[10]。为此,本文选择小岗剑沟泥石流的发展历程进行剖析,分析其自然状态下的发展趋势,为泥石流防治提供依

据。

1 自然环境背景

绵(竹)茂(县)公路汉清段位于龙门山中段,贯穿龙门山中央断裂带至前山断裂带,小岗剑沟位于汉清段右侧,绵远河左岸,距离西北的清平乡镇约 5 km、东南的汉旺镇约 10 km(图 1)。

1.1 地貌条件

小岗剑沟流域面积 1.36 km²,主沟长度 2.59 km,沟床纵坡比降 412‰;流域最高点海拔 1 987 m,最低点海拔 810 m,相对高度达 1 177 m。

收稿日期(Received date): 2012 - 07 - 24; 改回日期(Accepted): 2012 - 09 - 08。

基金项目(Foundation item): 国家科技支撑计划(2011BAK12B03)和国家重点基础研究发展计划“973”计划(2011CB409903)资助。[This research is supported by National Key Technology R&D Program (2011BAK12B03) and National Basic Research Program “973” Program (2011CB409903).]

作者简介(Biography): 杨东旭(1985 -),男,河南南阳人,硕士研究生,主要从事泥石流防治。[Yang Dongxu, male, born in 1985, Nanyang of Henan province, master, mainly engaged in debris flow prevention and mitigation.]

* 通讯作者(Corresponding author): 陈晓清(1974 -),男,四川遂宁人,研究员,研究方向为泥石流滑坡减灾理论与技术。[Chen Xiaoping, male, born in 1974, Suining of Sichuan province, doctor, professor, mainly engaged in mountain hazards prevention and mitigation.] E-mail: xqchen@imde.ac.cn

小岗剑沟处于龙门山脉的高山向东南平原过渡带的中部,属构造侵蚀中切割低山—中山地貌、斜坡冲沟地形,地形陡峻,为崩塌、滑坡、不稳定斜坡等不良地质现象的发育孕育了良好的地形条件。该流域地势总体呈北东高、南西低,流域顶部相对较平坦,主沟及两岸地势陡峭,主沟上游地形陡峻,主沟道下切强烈,呈“V”字型。主沟沟床坡降大,海拔1500 m以上为清水区,沟道平均纵比降361‰;海拔1500 m以下为泥石流形成流通区,沟床平均纵比降达506‰。

主沟左侧发育一条支沟,沟域面积0.61 km²,沟道长度1.54 km,沟床平均纵比降625‰;最高点高程1980 m,最低点960 m,相对高度为1020 m。

小岗剑沟平面形态呈桃叶形,主沟≥25°的坡地面积达1.16 km²,占流域总面积的85.3%;左支沟≥25°的坡地面积达0.58 km²,占流域总面积的95.1%,表明该流域主要以陡坡为主,沟谷纵坡较大,有利于降雨的汇集,有泥石流发育的良好地形条件。

1.2 地质条件

小岗剑沟在区域构造上位于扬子准地台四川台地向斜西北部;在次级构造单元划分上,属四川盆地西北部的龙门山推覆构造带前缘。自北向南,由高

川推覆体、大水闸推覆体、太平推覆体、金花推覆体和绵竹前陆盆地组成,其边界断裂分别为四道沟断裂、清平—白云山断裂、卸军门断裂和晓坝—金花断裂(图2)。由于区内地质构造作用强烈,断裂发育,褶皱保存不完整,多为推覆体内部的次级褶皱,方向多变,陡缓并存。区内岩层多陡倾、直立乃至倒转,小断层、节理裂隙发育,岩体较破碎,为地质灾害的形成与发生提供了有利的地质条件。

第四纪以来,在喜山期新构造运动的作用下,绵竹市整体处在隆升阶段,幅度大约1000 m。1933—2007年有记载的里氏3.1~7.5级地震共有9次。小岗剑沟出露的地层主要为第四系泥石流堆积物(Q_4^{sef})、崩塌积物(Q_4^{col+dl})、滑坡堆积层(Q_4^{del})、残坡积层(Q_4^{el+dl})、二叠系上统灰岩(P_2)、下统白云质灰岩(P_1)、石炭系下统总长沟组白云质灰岩(C_{1zn})、泥盆系上统唐王寨群灰岩(D_{3tn})。

1.3 水文气象条件

小岗剑沟及其邻近区域气象主要受东南暖湿气流及俄罗斯寒流的控制。从东南来的暖湿气流受龙门山的阻挡,使龙门山的山前区域成为川西北的暴雨中心之一,即四川著名的鹿头山暴雨区,故该流域雨量充沛,夏季暴雨较多。

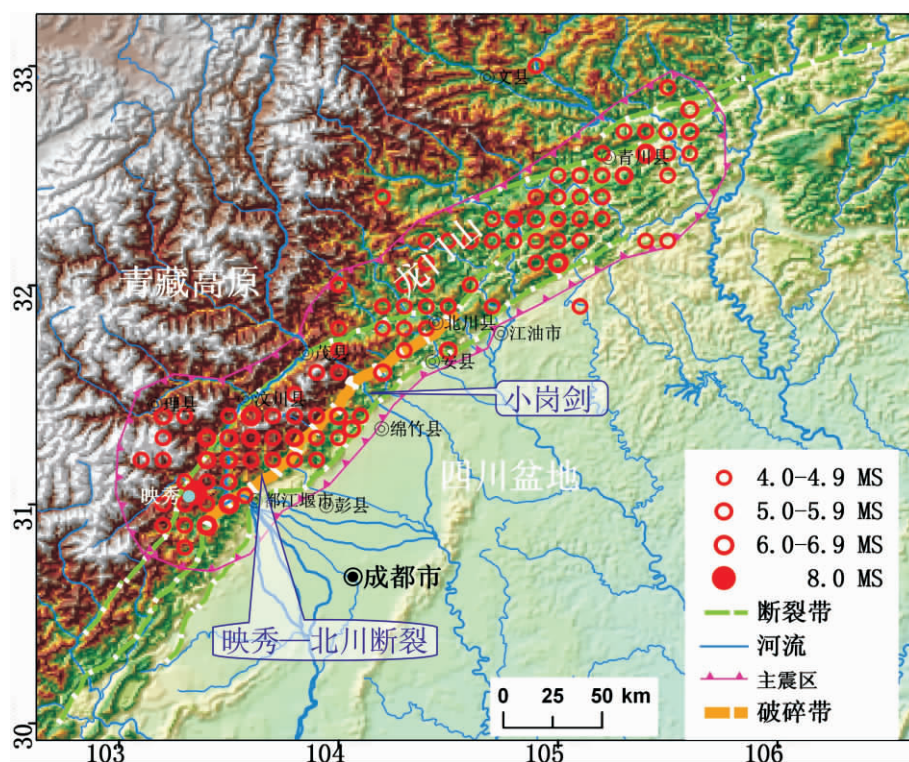


图1 汶川地震范围及小岗剑位置图

Fig.1 Scope of Wenchuan earthquake and location of Xiaogangjian gully



图2 小岗剑所在区域的地质构造略图

Fig.2 Geology sketch map of Xiaogangjian region

根据长期观测资料,绵竹市多年平均降水量为 1 086.4 mm,年最大降雨量 1 421.4 mm(1963 年),年最小降雨量 699.3 mm(1965 年);多年平均暴雨过程 3.2 次,最多的可达 7 次;近 20 年来日最大降雨量达 496.5 mm(1995-08-15);一次性连续降雨 706.9 mm(1959-08-09-11),出现在汉旺镇一

带。区域多年平均气温 15.7℃。区内充足的降雨为小岗剑沟泥石流活动提供了必要条件。

流经小岗剑沟口的绵远河属沱江水系,发源于龙门山脉九顶山地南侧,自西北向东南流,流经清平乡场镇,再经汉旺场镇进入川西平原水网区。绵远河山区部分河道长 42.5 km,集雨面积 420 km²,多年平均流量 15.7 m³/s,最大流量 2 020 m³/s、最小流量 2.45 m³/s。水量变化大,冬春少雨,水量较为稳定,夏秋多雨时期,上游山区多山洪暴发,往往造成洪水灾害。

2 汶川地震后小岗剑沟泥石流活动情况

在汶川地震前,小岗剑沟内植被发育,乔、灌、草覆盖率达 90% 以上,生态环境良好,在近 100 a 内未见泥石流活动。在沟口老堆积扇左侧有山洪沟,深约 10 m、顶宽约 20 m,常有山洪及其堆积物造成局部堵断沟口公路的危害。

汶川地震在小岗剑沟上游诱发崩塌多处,其中大型崩塌体 1 处。地震崩塌体在沟内高速运动转化为碎屑流,并堆积在沟内,未冲出沟口(图 3 和图 4),初步估计沟内崩塌堆积体约 80 × 10⁴ m³。

2008-05-12—2011-09-05,小岗剑沟共发生规模 5 000 m³ 以上的泥石流有 10 次,包括 2009 年 1 次(9 月 8 日)、2010 年 4 次(7 月 30 日、8 月 13 日、8 月 18 日和 9 月 16 日)、2011 年 5 次(5 月 8 日、7 月 4 日、7 月 5 日、8 月 20 日和 9 月 5 日)。经过 4 a 的泥石流活动,沟内地形发生了显著变化,特别是沟口地形变化最为显著(图 5),沟口老堆积台地被下切侵蚀深度达 35 m。



图3 碎屑流在沟内运动痕迹

Fig.3 Avalanche traces



图4 碎屑流在沟内堆积

Fig.4 Avalanche deposit

基于航空照片和野外考察,对小岗剑沟内沟道变化进行测量,对比泥石流前后的地形变化进行冲出固体物质质量的估算,小岗剑沟泥石流下切侵蚀沟道和老堆积台地的固体物质总量约 $40 \times 10^4 \text{ m}^3$,另外上游崩塌堆积体被侵蚀方量约 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$,则 4 a 内小岗剑沟泥石流冲出的固体总量达 $50 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。通过调查,在 2009—2011 年间,规模最大一次冲出泥石流方量约 $6 \times 10^4 \text{ m}^3$,连续多场泥石流冲出方量约 $15 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

泥石流在沟口段的直接影响区范围约 $3 \times 10^4 \text{ m}^2$,主要的危害对象为汉清公路及其上下游段,主要的成灾方式为淤埋公路、堵塞主河形成堰塞湖淹没上游公路、泥石流向下游高强度输沙抬升河道而淤埋下游公路(图 6)。2010-07-26 小岗剑沟暴发泥石流淤埋公路,中断交通达 18 d,至 8 月 11 日恢复通行;8 月 13 日再次暴发更大规模泥石流,淤埋沟口段公路,形成堰塞湖淹没上游公路,至 8 月 20 日才恢复通行。



图 5 泥石流作用下小岗剑沟口地貌变化

Fig. 5 Landform evolution in the mouth of Xiaogangjian Gully



图6 小岗剑沟泥石流对附近公路的危害

Fig. 6 Harm to the highway near the Xiaogangjian Gully

3 泥石流发展趋势

3.1 松散固体物源

根据遥感调查和野外勘察,经过4 a的泥石流活动,小岗剑沟内的松散固体物质还非常丰富,但分布较为分散,主要物源类型包括崩滑体、沟道堆积物源和两侧沟床物源等三类,主要物源分布如图7。

松散固体物源中不是所有都会参与泥石流活动,其中处于沟道内可能被山洪侵蚀的部分和处于坡面超过临界稳定边坡的部分才是真正参与泥石流的物源量,一般称为动储量。由图7,各类松散固体物源统计见表1。沟域内崩滑堆积固体物源总量为 $127.3 \times 10^4 \text{ m}^3$,其中动储量为 $47.2 \times 10^4 \text{ m}^3$;沟道堆积固体物源总量为 $207 \times 10^4 \text{ m}^3$,其中动储量为 $109.6 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。小岗剑沟域内共有松散固体物源量 $334.3 \times 10^4 \text{ m}^3$,其中动储量为 $156.8 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

由图7,除了H8的物源量特别大之外,其他物源量均较小。H8位于主沟上游的左侧,为汶川地震作用下形成的岩质崩塌堆积体,平面形态呈长方形,主崩方向 263° ,前缘高程1355m,后缘高程1645m,相对高度约290m,物质组成主要为碎石,占60%~75%,一般粒径5~30cm,最大可达2.0m,棱角至次棱角状,表层松散,中下部稍密~中密,母岩主要为灰岩。堆积体纵长约400m,平均宽度150m,坡度 $35^\circ \sim 55^\circ$,面积 $6.0 \times 10^4 \text{ m}^2$,该堆积体处于基本稳定状态。通过采用现场调查、实地实施探井及探槽等工作方法确定,平均厚度约10.0m,总体积为 $60.0 \times 10^4 \text{ m}^3$,动储量体约 $23.9 \times 10^4 \text{ m}^3$,在暴雨冲刷下可能滑塌成为泥石流的物源(图8)。

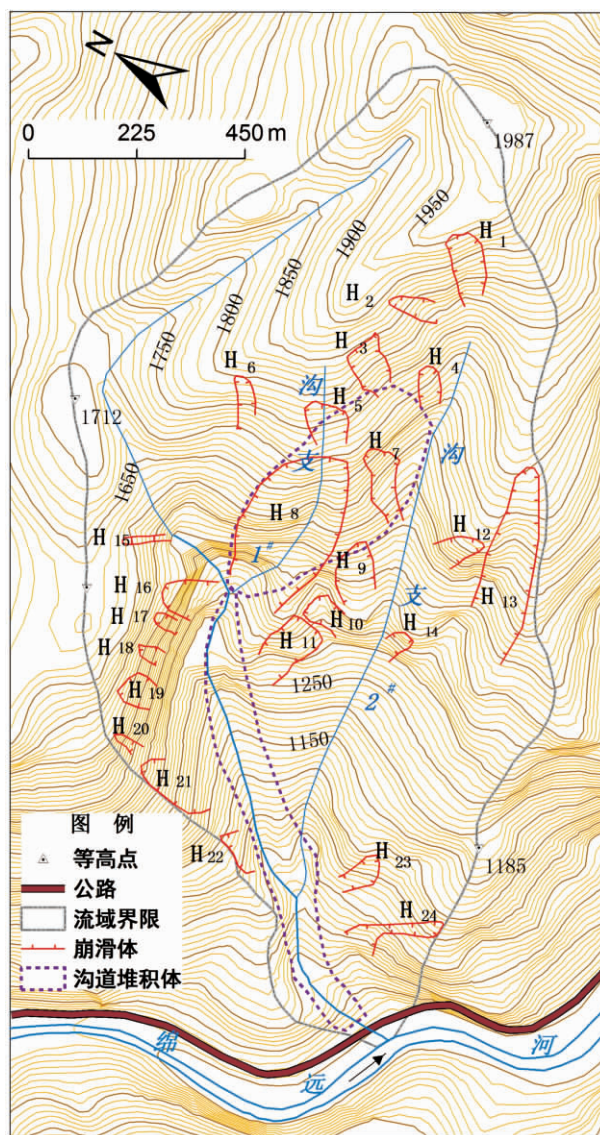


图7 小岗剑沟泥石流物源分布图

Fig. 8 Distribution of debris flow source in Xiaogangjian gully

表 1 小岗剑沟泥石流物源统计表
Table 1 debris flow source in Xiaogangjian gully

泥石流物源类型	总储量/(10^4 m^3)	动储量/(10^4 m^3)
崩滑体物源量	127.3	47.2
沟道及两侧沟床物源量	207.0	109.6
合计	334.3	156.8

3.2 发展趋势

通过对 2009—2011 年小岗剑沟泥石流活动分析,其形成过程为:暴雨作用下小岗剑沟因上游良好的汇流条件而产生山洪→山洪冲刷堆积在沟道内的松散固体物质形成小规模泥石流→泥石流沿大比降沟道向下运动因具有强大动能而具有强大冲刷下切侵蚀能力,下切侵蚀下游沟床质以及沟口的老台地→在沟口形成大规模泥石流^[11-12]。

一般认为,泥石流形成需要具备三个基本条件:丰富的松散固体物质来源——动储量、足够泥石流运动的地形坡度和水源条件等。依据各因素的重要程度,Bovis 依据泥石流成因分为两类,即松散固体物质控制型和输移控制型^[13]。输移控制型泥石流的松散物源非常丰富,其泥石流形成主要受控于暴雨激发条件和输移泥石流的沟道条件。对于地处龙门山地区的小岗剑沟,由于流域内植被覆盖率很高,而且岩石以硬岩为主,在汶川地震前的近 100 a 内没有暴发过泥石流,即使该沟暴发泥石流应该主要受控于松散固体物质来源,属于典型的松散固体物质控制型泥石流。

汶川地震在小岗剑沟内诱发了大型崩塌,崩塌形成碎屑流导致沿程沟床失稳,2009—2011 年泥石

流活动又将中下游沟床强烈下切,其可能参与泥石流活动的动储量达 $156.8 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。这对于面积只有 1.36 km^2 的小岗剑沟来说是一个巨量物源,直接决定了在震后 5~10 a 内出现为输移控制型的泥石流。泥石流的规模取决于激发暴雨的强度和降雨量。由于小岗剑沟所在的绵竹降雨观测时间短,这里参照附近绵阳气象观测站的降雨变化趋势(图 9),未来 1~6 a,小岗剑的年降雨量可能进入下一个较大阶段,而最大日降雨量也可能出现大幅度增加,因此小岗剑沟泥石流活动将呈现增强趋势,单场泥石流规模可能大于前 3 a 出现的 $6 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

小岗剑内的坡面和沟道松散固体物质一部分在震后近期暴雨的作用下向下运移,另一部分则堆积在坡面和沟道,在重力和降雨渗透作用下固结,随时间的发展,固结作用逐渐加强,如果起动这些物质形成泥石流就需要更强的暴雨来激发,泥石流活动呈现输移控制型向松散固体物质控制型过渡,该过渡期可能持续 5~10 a。再随着时间往后发展,泥石流活动向下游输移部分松散固体物质,剩余松散固体物质被固结,泥石流活动表现再转化为松散固体物质控制型。该型泥石流活动时间可能持续 10~20 a。

小岗剑沟位于北川—映秀地震断裂带内,若再次发生地震,剧烈的震动势必使山体进一步松动破碎,破坏边坡的稳定性,引发大规模的崩塌、滑坡等,继续增加沟床内的松散固体物质,为泥石流的形成提供更加丰富的物源条件,促使泥石流的活动性再次增强,势必将延长输移控制型泥石流的持续时间,延长的时间主要由地震在小岗剑沟表现出的烈度决定。

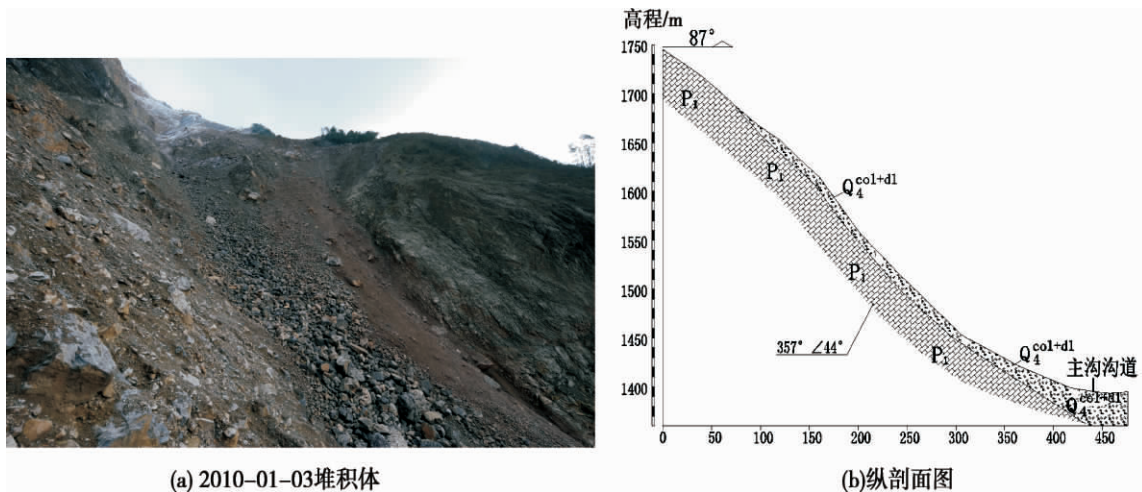


图 8 H8 崩塌堆积体

Fig. 8 Deposit of H8 rockfall

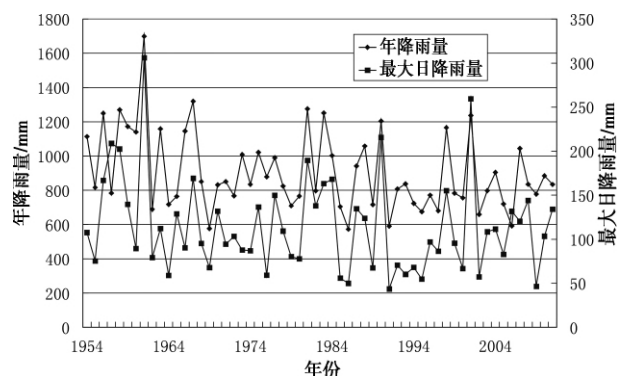


图9 绵阳 1954 - 2011 年期间年降雨量和最大日降雨量变化曲线

Fig. 9 Curves of annual precipitations and maximum daily precipitations from 1954 to 2011

综合分析,如果没有强震活动的情况下,小岗剑沟泥石流活动总体呈强度下降趋势,在震后 5 ~ 10 a 内表现为输移控制型泥石流,随着松散堆积体固结作用,泥石流活动呈现输移控制型向松散固体物质控制型过渡,该过渡期可能持续 5 ~ 10 a,此后泥石流活动回归到汶川地震前的松散固体物质控制型,泥石流活动基本停止;如果再次遭受强震,泥石流的活动性再次增强,势必将延长输移控制型泥石流的持续时间。

4 结论与讨论

汶川地震在龙门山断裂带诱发了大量崩塌滑坡,产生大量的松散固体物质,为泥石流活动提供了良好的物质条件。震后 4 a 内暴发了大量的泥石流,其中小岗剑沟共暴发泥石流 10 次,包括 2009 年 1 次、2010 年 4 次和 2011 年 5 次。泥石流将小岗剑沟口的老堆积体下切侵蚀深度达 35 m,泥石流冲出固体物质 $50 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。主要的危害对象为堆积体前缘的汉清公路及沟口绵远河上下游段,主要的成灾方式为泥石流淤埋沟口段公路、堵塞主河形成堰塞湖淹没上游公路、向下游高强度输沙抬升河道而淤埋下游公路。

目前,沟内仍有固体物质质量 $334.3 \times 10^4 \text{ m}^3$,可能参与泥石流活动的动储量为 $156.8 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。通过分析,小岗剑沟泥石流的形成过程为:暴雨作用下小岗剑沟因上游良好的汇流条件而产生山洪→山洪冲刷堆积在沟道内的松散固体物质形成小规模泥石流→泥石流沿大比降沟道向下运动因具有强大动能而具有强大冲刷下切侵蚀能力,下切侵蚀下游沟床

质以及沟口的老台地→在沟口形成大规模泥石流。通过泥石流形成因素分析,如果没有强震活动的情况下,小岗剑沟泥石流活动总体呈强度下降趋势,在震后 5 ~ 10 a 内表现为输移控制型泥石流,随着松散堆积体固结作用,泥石流活动呈现输移控制型向松散固体物质控制型过渡,该过渡期可能持续 5 ~ 10 a,此后泥石流活动回归到汶川震前的松散固体物质控制型,泥石流活动基本停止;如果再次遭受强震,小岗剑沟的泥石流的活动性再次增强,势必将延长输移控制型泥石流的持续时间。为了保护沟口汉清路的畅通,保障清平乡人民群众的生活秩序,对小岗剑沟泥石流进行治理势在必行。

小岗剑沟泥石流的治理面临主河输移能力非常低、流域内沟床比降特别大、拦蓄空间很小等问题,如何进行科学、合理的规划防治工程是非常棘手的问题,通过泥石流发展趋势分析,可以为防治规划提供支撑。

参考文献(References)

- [1] Cui Peng, Wei Fangqiang, Chen Xiaoping, et al. Geohazards in Wenchuan earthquake area and countermeasures for disaster reduction [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences 2008, 23(4): 317 - 323 [崔鹏, 韦方强, 陈晓清, 等. 汶川地震次生山地灾害及其减灾对策[J]. 中国科学院院刊 2008, 23(4): 317 - 323]
- [2] Cui P, Chen X Q, Zhu Y Y, et al. The Wenchuan Earthquake (12 May 2008), Sichuan Province, China, and Resulting Geohazards [J]. Nature Hazards 2011, 56: 19 - 36
- [3] Chen Xiaoping, Li Zhiguang, Cui Peng, et al. Estimation of soil erosion caused by the 5.12 Wenchuan earthquake [J]. Journal of Mountain Science 2009, 27(1): 122 - 127 [陈晓清, 李智广, 崔鹏, 等. 5.12 汶川地震重灾区水土流失初步估算[J]. 山地学报 2009, 27(1): 122 - 127]
- [4] Tang Chuan, Liang Jingtao. Characteristics of debris flows in Beichuan epicenter of the Wenchuan Earthquake triggered by rainstorm on September 24, 2008 [J]. Journal of Engineering Geology 2008, 16(6): 751 - 758 [唐川, 梁京涛. 汶川震区北川 9.24 暴雨泥石流特征研究[J]. 工程地质学报 2008, 16(6): 751 - 758]
- [5] Tang Chuan, Tie Yongbo. Reconnaissance and analysis on rainstorm induced debris flow in Weijiagou valley of Beichuan city after the Wenchuan earthquake [J]. Journal of Mountain Science, 2009, 27(5): 625 - 630 [唐川, 铁永波. 汶川震区北川县城魏家沟暴雨泥石流灾害调查分析[J]. 山地学报 2009, 27(5): 625 - 630]
- [6] Hu Kaiheng, Ge Yonggang, Cui Peng, et al. Preliminary analysis of extra-large-scale debris flow disaster in Zhouqu county of Gansu province [J]. Journal of Mountain Science 2010, 28(5): 628 - 634 [胡凯衡, 葛永刚, 崔鹏, 等. 对甘肃舟曲特大泥石流灾害的初步认识[J]. 山地学报 2010, 28(5): 628 - 634]
- [7] Su Pengcheng, Wei Fangqiang, Feng Hanzhong, et al. Causes and

- effects of group-occurring debris flow disasters in Qingping town ,Mianyu river upstream ,Sichuan [J]. Journal of Mountain Science , 2011 29(3) : 337 – 347 [苏鹏程 ,韦方强 ,冯汉中 ,等. “8. 13”四川清平群发性泥石流灾害成因及其影响 [J]. 山地学报 2011 , 29(3) : 337 – 347]
- [8] Tang Chuan ,Li Weile ,Ding Jun ,et al. Field investigation and research on giant debris flow on August 14 2010 in Yingxiu town ,epi-center of Wenchuan Earthquake [J]. Earth Science – Journal of China University of Geosciences 2011 36(1) : 172 – 180 [唐川 ,李为乐 ,丁军 ,等. 汶川震区映秀镇“8. 14”特大泥石流灾害调查 [J]. 地球科学——中国地质大学学报 2011 36(1) : 172 – 180]
- [9] Li Chaoan ,Hu Xiewen ,Li Guanqi. et al. Formation mechanism of the 8. 13 catastrophic debris flow in Sichuan and the principles of controlling [J]. Research of Soil and Water Conservation 2012 ,19(2) : 257 – 263 [李朝安 ,胡卸文 ,李冠奇 ,等. 四川省“8. 13”特大泥石流灾害成生机理与防治原则 [J]. 水土保持研究 2012 ,19(2) : 257 – 263]
- [10] You Yong ,Chen Xiaoqing (Eds.) . Feasibility study report of Xiaogangjian debris-flow mitigation in Mianzhu County [R]. Chengdu: Institute of Mountain Hazards and Environment ,CAS 2011. 游勇 ,陈晓清主编. 绵茂路汉清段小岗剑泥石流应急治理工程可行性研究报告 [R]. 成都: 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所 2011
- [11] Chen Xiaoqing ,Cui Peng ,Feng Zili et al. Artificial rainfall experimental study on landslide translation to debris flow. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering 2006 25(1) : 106 – 116 [陈晓清 ,崔鹏 ,冯自立 ,等. 滑坡转化泥石流起动的人工降雨试验研究 [J]. 岩石力学与工程学报 2006 25(1) : 106 – 116]
- [12] Cui Peng ,Zhuang Jianqi ,Chen Xingchang et al. Characteristics and countermeasures of debris flow in Wenchuan area after the earthquake [J]. Journal of Sichuan University: Engineering Science Edition 2010 42(5) : 10 – 19 [崔鹏 ,庄建琦 ,陈兴长 ,等. 汶川地震震后泥石流活动特征与防治对策 [J]. 四川大学学报: 工程科学版 2010 42(5) : 10 – 19]
- [13] Bovis M J ,Jakob M. The role of debris flow conditions in predicting debris flow activity [J]. Earth Surface Processes and Landforms , 1999 24: 1039 – 1054

The Debris Flow Development Trend of in Xiaogangjian Gully in Mianzhu County ,Wenchuan Earthquake Zone

YANG Dongxu^{1 2} ,CHEN Xiaoqing¹ ,YOU Yong¹ ,LIU Jinfeng¹ ,CHEN Xingchang³ ,ZHAO Wanyu¹

(1 Key Laboratory of Mountain Hazards and Earth Surface Processes ,Institute of Mountain Hazards and Environment ,CAS ,Chengdu 610041 ,China;

2. University of Chinese Academy of Sciences ,Beijing 100049 ,China;

3. School of Environment and Resource ,Southwest University of Science and Technology ,Mianyang 621010 ,China)

Abstract: The Xiaogangjian Gully is typical for debris flow in the earthquake zone. Located in the left of Mianyu river ,it has a drainage area of 1.36 km² and an average longitudinal slope of 412‰. After Wenchuan earthquake ,many debris flow occurred in this gully ,causing great disasters to the reconstruction of Qingping town ,The debris flow formation process is as follows: torrents→ torrent scourage → small-scale debris flow → debris flow in main-stream channel ,with powerful energy and strong capacity of scouring → incision of streambed sediment and old deposit platform → large-scale debris flow. at the outlet There were 10 debris flows in the following 4 years after the earthquake ,which cut the gully up to the depth of 35 m and brought 50 × 10⁴ m³ of solid mass out of the gully. Debris flows buried the Hanwang – Qingping road ,blocked the river and formed a dam lake ,carried a huge volume of sediment to the downstream ,uplifting the water level and silting the highway. At present ,the gully still has 334.3 × 10⁴ m³ of solid material ,of which about 156.8 × 10⁴ m³ is prone to debris flow in the future when it encounters great rainstorms. The development trends of the debris flow in Xiaogangjian gully are as follows: 1) its strength of activity will keep reducing with the decrease of loose granular materials and total amounts of debris flow; 2) the debris-flow's activity is transport-limited system right after the earthquake ,followed by the transitional type between transport-limited system and weathering-limited system and ultimately is weathering-limited system.

Key words: Wenchuan earthquake; debris flow; Xiaogangjian; development trend