

# 汶川震区北川县城魏家沟暴雨泥石流灾害调查分析

唐 川, 铁永波

(成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610059)

**摘 要:** 2008-09-24强降雨过程导致汶川震区北川县城魏家沟泥石流暴发, 对老北川县城造成了严重的破坏。由于这场泥石流灾害发生在汶川地震高烈度区, 是地震与降雨共同作用下的结果, 研究其形成与成灾过程, 对于进一步认识强震区泥石流发育特征具有重要的意义。根据现场调查和高分辨率航空图像解译, 分析了魏家沟泥石流流域特征, 特别是地震条件下的泥石流物源特征, 在此基础上讨论了泥石流起动过程和堆积过程。魏家沟泥石流典型实例表明了汶川震区泥石流已进入一个新的活跃期。因此, 应该开展对汶川地震区的泥石流风险评估和监测、早期预警等研究, 采取有效的工程措施控制泥石流的发生和危害。

**关键词:** 泥石流; 暴雨; 汶川地震; 起动过程; 北川县城

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

四川 5.12汶川地震重灾区的北川县、平武县等地于 2008-09-24日遭遇 20 a一遇暴雨袭击。在强暴雨作用下, 灾区多处河水暴涨, 淹没了大片农田、板房安置区, 冲毁公路、桥梁, 特别严重的是诱发了区域性泥石流灾害。这主要是由于该区域地质环境原本就十分脆弱, 加之受到 5.12汶川大地震的影响, 在坡面和沟谷中形成了大量松散物质, 一旦遭遇暴雨过程, 就极易诱发泥石流灾害。据不完全统计, 这次 9.24泥石流灾害导致了 42人死亡、失踪, 由于通往乡村道路几乎全毁, 使 4 000多人被困山里, 同时泥石流还对地震居民安置区构成严重威胁。其中最为典型的是位于原北川县城附近的魏家沟(又称西山坡沟)及其相邻的苏家沟暴发的大规模泥石流。泥石流冲入县城, 致使老县城几乎全部被淤埋, 同时也破坏多处北川县城地震遗址, 给纪念馆的建设及地震遗址保护带来了很大的困难。本文根据对北川老县城魏家沟泥石流灾害现场调查, 分析了泥石流灾害特征、成灾原因和成灾过程, 在此基础上提出防治对策建议。

## 1 流域特征

魏家沟位于北川县曲山镇南西侧任家坪村, 湔江右岸, 沟口地理坐标为  $104^{\circ}26'27''E$ ,  $31^{\circ}48'48''N$ , 距老县城 450 m。流域地貌属侵蚀构造中山, 地形陡峻。魏家沟泥石流源头最高海拔 1 760 m, 沟口高程 700 m, 相对高度 1 040 m, 沟口以上的流域面积约  $1.54 \text{ km}^2$ , 主沟长 2.3 km。流域在构造上属龙门山前山与后山交界地带, 紧邻 5.12大地震的主发震断裂: 映秀-北川断裂的上盘, 地震中该断裂发生了较为显著的右旋逆冲破坏, 使坐落在它上面的北川县城震害相当大, 是较为典型的构造不稳定区域。映秀-北川断裂断面倾向北西, 倾角  $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ , 为寒武系的砂岩逆冲于泥盆系乃至石炭系之上。区内出露的地层主要为寒武系下统清平组灰黄色砂质页岩、粉砂岩, 薄层砂岩; 其地层产状:  $330^{\circ} \angle 54^{\circ}$ , 倾向坡内, 坡角一般在  $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 间。

流域属于亚热带湿润季风气候区, 四季分明, 气候温和, 多年平均气温  $15.6^{\circ}\text{C}$ ; 该区又属著名的鹿

收稿日期 (Received date): 2009-06-11。

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金 (40772206)和地质灾害防治地国家重点实验室研究基金。[Prevention of geological disasters in the State Key Laboratory of Research Fund]

作者简介 (Biography): 唐川 (1961-), 男, 教授、博士生导师。主要从事泥石流灾害、遥感与GIS应用、自然地理、水文工程地质等研究。[Tang Chuan (1961-), male, Professor majoring in theory and technology of mountain hazards mitigation.]

头山暴雨区,雨量充沛,年均降雨量 1 399.1 mm,年最大降雨量 2 340 mm (1967年),日最大雨强 301 mm,小时最大雨强 62 mm;降雨集中在 6~9月,占全年降雨量 74%,最大占 90% (1981年)。

根据流域地貌及泥石流物源补给特征,将魏家沟划分为物源区、流通区和堆积区(图 1,表 1)。

高程 900~1 760 m 的区域为魏家沟泥石流活动的物源区,相对高度 860 m,该区比降为 478‰,两岸山坡坡度为 35°,局部地段岸坡坡度约陡立,植被覆盖率为 50%~60%,以矮灌木为主,沟道较弯曲,在海拔 1 000 m 处,由近东西向转为 SE170°,陡转近 80°;区内共发育支沟 2 条。

形成区的高程范围为 900~1 760 m,面积为 1.25 km<sup>2</sup>,沟道长约 1.8 km,两岸山坡坡度为 35°,以“V”型谷为主,沟床平均宽度 3~5 m,局部地段岸坡坡度约陡立,植被覆盖率为 50%~60%,以矮灌木为主,沟道较弯曲,在海拔 1 000 m 处,由近东西向转为 SE170°,陡转近 80°;区内共发育支沟 2 条。

流通区位于魏家沟的中下游段,是由于长期泥石流或山洪在巨厚的老泥石流堆积扇上侵蚀切割形

成的沟谷,其高程范围 700~920 m,沟长 700 m。9.24 泥石流发生前,沟道中上段宽度 6~10 m,中下段 20~30 m;泥石流发生后大量泥石流冲出物堆积在沟道中,形成长约 1 000 m、宽 50~80 m 沟道堆积体,图 2 是暴雨发生后 2008-10-14 获取全色高分辨率的 SPOT 5 数据,反映了泥石流流域特征的变化。

泥石流泛滥堆积主要分布在老县城一带,堆积区分布高程范围 640~700 m,面积 0.17 km<sup>2</sup>,堆积扇主要是魏家沟泥石流活动完成的,该沟以北相邻的苏家沟同时也暴发了泥石流。其规模相对较小,堆积扇嵌入魏家沟泥石流扇中。

2 成因分析

地震破坏山坡稳定性,为泥石流提供松散固体物质;地震活动加剧沟谷侵蚀,有利于泥石流沟的发育和形成<sup>[1 2]</sup>。魏家沟泥石流灾害的形成主要受地形地貌、地层岩性、地质构造以及地震活动的控制,特别是在强烈地震作用的基础上又叠加暴雨作用,导致了这场灾害性泥石流的暴发<sup>[3]</sup>。

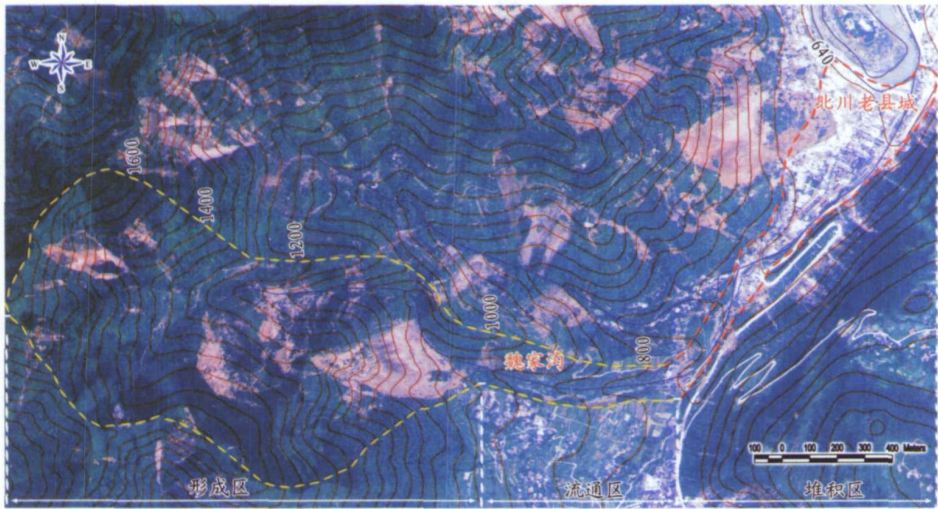


图 1 摄于 2008-05-18 的航空影像图反映的魏家沟泥石流流域特征

Fig.1 Aerial photograph taken on May 18, 2008 indicates the drainage area of the Wei Jiagou debris flow

表 1 魏家沟泥石流流域分区地形特征

Table 1 Topographic features of debris flow watershed zoning for Wei Jiagou valley

分区	面积 ( km <sup>2</sup> )	沟长 ( km )	高程范围 ( m )	相对高度 ( m )	纵比降 ( ‰ )
形成区	1.25	1.8	900~1 760	860	478
流通区	0.07	0.76	760~900	140	184
堆积区	0.24	1.45	640~760	120	83

## 2.1 降雨

汶川地震发生后的 4 个多月, 即 2008-09-23 凌晨到 09-24 上午, 北川县境内普降暴雨, 据临近北川县城的唐家山雨量站记录, 9 月 23 日 24 h 降雨量达 173.8 mm, 其中最大小时雨强 61 mm。9 月 24 日 0 00~5:00 唐家山站记录雨量为 57.9 mm, 可能最终诱发大范围泥石流的雨量是在 5 00~6 00 其雨强达到 41 mm/h, 此时的前期累积雨量已达 231.7 mm。在暴雨作用下, 引起魏家沟上游多处滑坡和崩塌活动, 在中游沟道两岸山坡松散残坡积堆积层发生大面积滑塌, 在局部较狭窄沟段造成严重堵塞, 流域上游洪水迅速汇流后, 猛烈冲刷沟谷和斜坡松散固体堆积物, 导致了泥石流的突然暴发。

## 2.2 物源

在北川县城南段公路和沟道中可见 5·12 汶川地震的发震断裂造成的明显的地表差异升降破坏, 相应形成了显著的地表破裂, 最大垂直位移量达 3.8 m, 距离北川县城西北端 6 km 的擂鼓镇由于逆断层俯冲, 导致最大垂直位移量达 6.6 m。因此, 强烈地震导致县城周围的山体严重破坏、失稳, 例如老县城北坡的王家岩滑坡高速下滑导致 700 人死亡, 新县城的北川中学新校区后山发生大规模的崩塌导致 1 600 人死亡, 以及唐家山巨型滑坡及其堵江形成的唐家山堰塞湖等地质灾害。震区泥石流的形成最显著而典型的特点, 就是强震作用下为泥石流流域提供大量松散固体物质来源<sup>[3-5]</sup>。野外调查发现研究区泥石流沟内地震诱发崩塌、滑坡等不良物理地质过程十分普遍, 几乎每条泥石流沟上游谷坡均发育不同规模的失稳斜坡。泥石流的物源主要以二种方式补给泥石流, 一是强震导致崩塌、滑坡整体失稳下滑, 堆积于沟道中; 二是强烈变形局部位移后, “悬挂”于陡峻的斜坡上, 一旦遭遇强降雨过程, 或是整体下滑, 或是表层及前缘发生局部崩塌, 致使松散体物质输移到沟床中, 参与泥石流过程。此外, 泥石流松散物质的补给还包括沟谷两岸第四系松散堆积层或风化层, 在强震作用下, 表层整体结构遭到破坏, 土体裂缝、孔隙增大, 变得更加“疏松”, 在降水或地表水渗入作用下, 形成软弱带, 极易产生表层侵蚀, 进而输入泥石流沟道中。

魏家沟曾于 1992 年、1995 年暴发过较小规模的泥石流。根据 2003 年四川省地矿局成都水文地质工程地质队调查, 地震前该流域可能参与泥石流活动的松散固体物质仅  $5 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 估算泥石流流量仅  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ 。但是, 受汶川地震强烈作用, 处于映秀-北川发震断裂的上盘的魏家沟流域内, 由寒武系

砂板岩、砂页岩组成的斜坡体完整性被破坏, 导致沟谷两岸坡体大面积失稳, 形成较大规模滑塌, 并在沟床堆积了大量松散堆积物。根据 0.5 m 分辨率的震后 2008-05-18 拍摄的航空图像分析, 并结合实地调查发现, 泥石流流域上游分布有 3 处地震引发的较大规模滑坡, 另外有 10 多处规模较小的崩塌、滑坡(图 1)。第一处位于海拔 1 450~1 650 m 间, 滑体长约 210 m, 宽约 110 m, 厚度 20~30 m, 主滑方向 NE, 整个滑体解体, 形成松散的土体和碎块石。第二处滑坡面积较大, 后源破裂位置处于海拔 1 400 m, 前缘直接堆积于 1 100 m 海拔的沟道中, 滑体长约 400 m, 宽 350 m, 整个滑坡呈牵引式解体破坏。从影像上可以看出, 因牵引作用上方近似半圆型滑坡后缘已经发育一条宽约 8 m 的拉裂缝, 且裂缝已经圈闭。对泥石流松散物质补给最有贡献的是分布在 950~1 000 m 处的滑坡整体下滑, 滑体长 410 m, 宽 250 m, 平均厚度 10~15 m, 由此估计该滑坡体积大约为  $110 \times 10^4 \text{ m}^3$ ; 由于滑坡几乎整体下滑并严重堵塞沟道, 沿沟道堆积长度约 120 m, 堆积高度 5~10 m(图 2)。此外, 在起动区沟谷两岸基岩风化层和第四系坡积堆积层也因为强烈地震作用可作为泥石流松散物源, 根据航空照片解译和现场的初步测量, 这部分松散物源体积可达  $120 \times 10^4 \text{ m}^3$  以上; 推算该流域可提供泥石流活动松散固体物质可达  $350 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 为泥石流的汇流和松散固体物质的产生和运移提供了重要条件。

## 2.3 地形

魏家沟沟谷呈 V 型, 纵坡比降大, 沟道中跌坎多, 显出新构造运动期间山体强烈抬升的特征。特别是汶川地震后, 沟谷地形发生了明显变化, 部分山坡由凸形坡转为凹形坡, 沟道堆积和堵塞现象严重, 形成区扩大。此外, 该流域的形成区与流通区沟道较顺直, 有利于雨水的快速汇流, 使得松散物质容易起动, 并在运动过程中流速快、能量消耗少, 有利于泥石流物质的流通。整条流域支沟不发育, 仅发育两条支沟, 沟道内有基岩出露, 岩层倾向近似正北, 倾角  $58^\circ$ ; 两岸山坡坡度较陡, 坡度  $27^\circ \sim 45^\circ$  间, 沟道内常年有流水。较大的地形高差, 使处于斜坡高处的风化岩体具有较大势能, 为形成崩塌、滑坡创造了有利临空条件; 在地震影响下, 陡急的山坡和沟床为坡面和沟床松散堆积物能的释放和势能转化为动能提供了有利条件, 为沟中洪水强烈冲刷坡面和沟床松散堆积物、形成高速泥石流汇流形成了巨大的动能条件。

### 3 泥石流过程特征

魏家沟属于发展期泥石流流域。汶川地震后,由于流域地形条件和物源条件发生较大的变化,泥石流转为旺盛期。据访问,这场泥石流始发于2008-09-24左右,位于流域上游的任家坪村附近居民描述此时沟内响声如雷,地面颤动,大规模冲入冲入老县城地震废墟,到了凌晨6点多声音渐小,泥石流过程随之结束,整个过程持续了近1 h。天亮以后,沟内洪水仍然涨得较大,一直持续到10点左右。魏家沟泥石流起动过程机制可以解释为两个方面:一是经降雨作用形成的地表径流,导致悬挂于斜坡上的滑坡体表面和前缘松散物质向下输移,进入沟道后转为泥石流过程,从图2可看出,9.24暴雨后2处大型滑坡表面被强烈冲刷侵蚀,在流域上游源地沟道两岸滑塌面积迅速扩大;二是用“消防水管效应”<sup>[3,4]</sup>解释泥石流起动过程,首先是位于陡峻基岩流域上游暴雨产生沟道径流如同“消防水管”导致水流快速集中,随着流域沟道水量不断增加,便形成山洪,并强烈冲刷沟道中滑坡堆积体及其他松散固体物质,使沟槽内的松散堆积物被掀动或遭受揭底,导致沟道固体物质起动并形成泥石流。

魏家沟泥石流在运动过程中的流量、搬运等有其独特之处。这次北川泥石流的运动过程的特点之一,是沟床中地震滑坡堰塞体溃决效应导致的瞬时洪峰流量放大现象。现场调查及震后5月18日航片解译发现,许多泥石流沟中上游通常分布有大型滑坡体,这些滑坡整体或前缘下滑堵塞沟道,形成暂时性的堰塞体。魏家沟泥石流起动区位于海拔1250~1150 m位置,流体沿上游沟道运动到海拔1050 m处,受到堆积于沟道滑坡松散堆积堰塞体的阻挡(图3),快速淤积后导致部分滑坡坝溃决,使泥石流的洪峰流量瞬时增大。为了了解泥石流在该沟段的流量特征,在流通区测量了2个泥痕断面,第一个断面位于海拔900 m处的流通区上段,横断面呈梯形,宽14 m,深5 m;第二个断面位于位于海拔780 m处的流通区下段,横断面呈矩形,宽32 m,深2.2 m。由此推测泥石流洪峰流量可达 $260 \text{ m}^3/\text{s}$ 。这个流量对于流域面积仅 $1.54 \text{ km}^2$ 泥石流沟似乎偏大,但是由于滑坡坝的溃决导致瞬间流量剧烈加大是有可能的,此外,根据对堆积区的地面调查,这次泥石流的冲出量达 $34 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,再反推计算其洪峰流量,也说明魏家沟发生的这场泥石流洪峰流量较大。图3为发育在老堆积扇上泥石流流通区沟道特

征,由于泥石流的强烈侵蚀作用,沟道被大大拓宽,泥石流过境留下的泥痕特征明显,从该图也可看出在老扇体顶端发育的大型地震滑坡。

魏家沟泥石流的搬运输移能力巨大,在流域的面积较小,沟谷长度较短的条件下,仍然具有巨大的输移能力,所搬运的直径1 m以上粗大石块随处可见,魏家沟泥石流一次冲出量高达 $34 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。这次泥石流运动输移特征与源地丰富松散物质供给、较陡沟床比降有密切关系。泥石流这种惊人的搬运输移能力及冲淤幅度,一般洪水过程需几年,甚至几十年才能完成,因此泥石流过程是山区塑造地貌最强的外营力之一<sup>[2,6]</sup>。

魏家沟为一老泥石流沟,北川老县城就座落在部分老堆积扇上。9.24泥石流在原来老堆积扇上叠置了更大范围的新堆积扇体,掩埋通往老县城公路和部分地震毁坏的房屋废墟。图4反映了北川老县城几乎被泥砂石块掩埋,图5泥石流在北川城内泛滥堆积特征。

泥石流过程形成的堆积扇由于容重较高,其纵坡降也较大,为7.5%~8.5%,其扇顶的堆积厚度可达10~12 m,在中段主流线附近约7~8 m,在堆积体前端主要集中了较大块石和树木。从横断面看,在主流线上堆积厚度较大,形成明显的上凸形微地貌,并向边缘及前缘厚度逐渐减小,新堆积扇体呈狭长舌状,堆积长度900 m,宽度150~200 m,面积 $0.17 \text{ km}^2$ ;估计总堆积方量 $34 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

### 4 结论

由于魏家沟泥石流灾害发生在汶川地震高烈度区,泥石流的发生是地震与降雨共同作用下的结果。研究其形成与成灾过程对于进一步认识泥石流特征有重要的意义。通过对5·12汶川地震区2008-09-24暴雨诱发的泥石流灾害现场调查和分析,得出以下认识:

1. 汶川地震作用诱发了大量的崩塌、滑坡,为泥石流的形成提供了重要的松散物质。处于映秀-北川发震断裂的上盘的魏家沟流域内由寒武系砂板岩、砂页岩组成的斜坡体受汶川地震强烈作用,完整性被破坏,导致沟谷两岸坡体大面积失稳,形成较大规模滑塌,并在沟床堆积了大量松散堆积物,成为泥石流固体物质补给源。

2. 地震后的强降雨过程是诱发泥石流的动力因素,泥石流暴发是前期累积雨量和当次激发雨强共同作用下的结果。泥石流暴发的前期累积雨量为



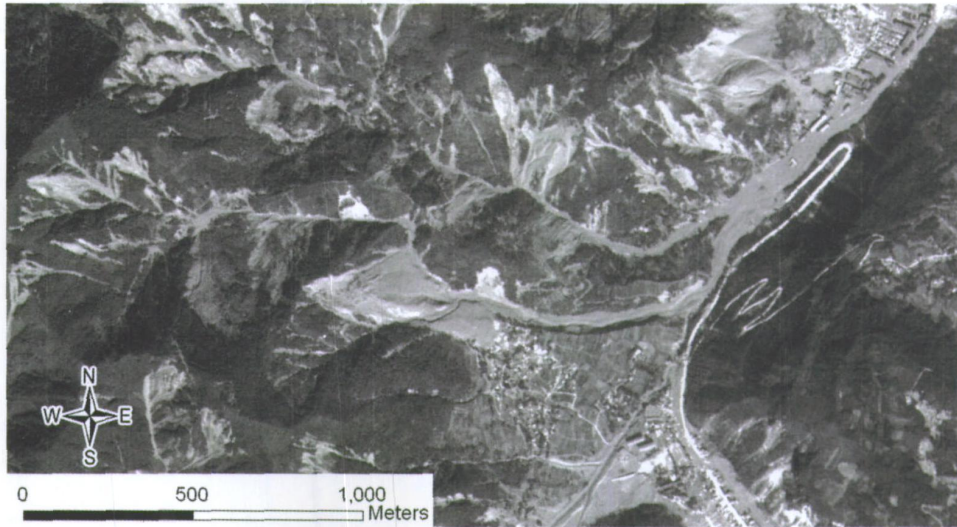


图 2 摄于 2008 - 10 - 14 的 SPOT 5 图像显示的 9. 24 暴雨后沟魏家沟泥石流流域特征变化

Fig. 2 Spot 5 image taken on October 14, 2008 indicates the drainage area of the Wenjiagou debris flow after 9. 24 rainstorm



图 3 发育在老堆积扇上泥石流流通区沟道和右岸滑坡

Fig. 3 Channel characters of debris flow travelling zone developed in old alluvial fan and a large landslide located in the right bank of the valley



图 4 2008 - 09 - 24 暴雨诱发泥石流掩埋北川老县城

Fig. 4 The rainstorm induced debris flows buried old Beichuan city on 24 September, 2008



图 5 泥石流在北川城内泛滥堆积特征

Fig. 5 Inundation characters of the debris flow hazards in Beichuan city

231.7 mm, 激发泥石流是 2008-09-24 凌晨 41 mm 的小时雨强。

3. 魏家沟泥石流起动过程机制可以解释为两个方面, 一是经降雨作用形成的地表径流, 导致悬挂于斜坡上的滑坡体表面和前缘松散物质向下输移, 进入沟道后转为泥石流过程; 二是用“消防水管效应”<sup>[2,3]</sup>解释泥石流起动过程, 首先是位于陡峻基岩流域上游暴雨产生沟道径流如同“消防水管”导致水流快速集中, 随着流域沟道水量不断增加, 便形成山洪, 并强烈冲刷沟道中滑坡堆积体及其他松散固体物质, 使沟槽内的松散堆积物被掀动或遭受揭底, 导致沟道固体物质起动并形成泥石流过程。

4. 魏家沟泥石流在运动过程中的流量、搬运等有其独特之处。这次北川泥石流的运动过程的特点之一, 是沟床中地震滑坡堰塞体溃决效应导致的瞬时洪峰流量放大现象。魏家沟泥石流的搬运输移能力巨大, 在流域的面积较小, 沟谷长度较短的条件下, 仍然具有巨大的输移能力, 一次冲出量高达  $34 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 在北川老县城形成舌状堆积扇, 堆积面积  $0.17 \text{ km}^2$ 。

研究表明, 汶川地震导致高烈度区泥石流源地的滑坡更加发育, 松散物质更加丰富, 强降雨过程使泥石流源地滑坡进一步复活, 并产生大量新滑坡, 从而使强震区泥石流发生频率增高, 规模增大; 1999 年台湾集集地震后的泥石流强烈活动也说明了这种现象和规律<sup>[1,2]</sup>。9.24 暴雨诱发魏家沟泥石流的实

例表明, 汶川震区已进入一个新的泥石流活跃期, 未来 5~10 a 该区域泥石流发生将更加频繁。因此, 应该加强对汶川地震区的泥石流沟的危险源识别调查, 在对其进行危险评估基础上, 重点开展城镇泥石流灾害风险评估; 同时加强风险管理, 在潜在高危险泥石流流域建立实时监测、早期预警系统; 根据泥石流灾害的承灾体的易损性分析与风险评价结果, 采取有效的工程措施控制泥石流的发生和危害。

## 参考文献 (References)

- [1] Lin C W, et al. Impact of Chi-Chi earthquake on the occurrence of landslides and debris flows: example from the Chenyuan River watershed, Nantou, Taiwan [J]. *Engineering Geology*, 2003, 71: 49~61
- [2] Chen H, Hawkins A B. Relationship between earthquake disturbance, tropical rainstorms and debris movement: an overview from Taiwan [J]. *Bull Eng Geol Environ*, 2009, 68: 161~186
- [3] Tang C, Zhu J, Li W L. Rainfall triggered debris flows after Wenchuan earthquake [J]. *Bull Eng Geol Environ*, 2009, 68: 187~194
- [4] Coe J A, Ganci P A, Whitney J W. Volumetric analysis and hydrologic characterization of a modern debris flow near Yucca Mountain Nevada [J]. *Geomorphology*, 1997, (20): 11~28
- [5] Griffiths P G, Webb R H, Melis T S. Frequency and initiation of debris flows in Grand Canyon, Arizona [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2004, 109: 321~336
- [6] Liu C N, Huang F H, Dong J J. Impacts of September 21, 1999 Chi-Chi earthquake on the characteristics of gully-type debris flows in central Taiwan [J]. *Natural Hazards*, 2008, 47: 349~368

# Reconnaissance and Analysis on the Rainstorm Induced Debris Flow in Weijiagou Valley of Beichuan City after the Wenchuan Earthquake

TANG Chuan, TIE Yongbo

(State Key Laboratory for Geo-Hazard Prevention and Geo-Environment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

**Abstract** A rainstorm induced debris flow hazard occurred in Beichuan City of Sichuan Province of the Wenchuan earthquake affected area on 24 September 2008. Debris flow occurrence is the result from the combination rainfall and earthquake. Therefore, it is significant that make further clear of development characters of debris flows through research on the formative and movement process in high seismic intensity area. This paper analyzed the watershed and cause condition of the debris flow based on field reconnaissance and interpretations of aerial photographs. The emphasis was focused on loose material concentration in source areas of debris flows. On basis of above analysis, the initiation and deposition process of debris flows were discussed in this paper. The typical case of the Xishanpo debris flow indicated that the region affected by the Wenchuan Earthquake become more vulnerable to debris flows in future period. Therefore it is important to assess debris flow risk and take hazard monitoring and early warning for debris flow occurrence in the earthquake areas. The control work is also necessary for debris flow hazard mitigation.

**Key words** debris flow; Wenchuan earthquake; rainstorm; initiation process; Beichuan city