

四川省北川县暴雨泥石流的发育与汶川地震的响应特征^{*}

铁永波^{1,2}, 唐川²

(1. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610081; 2. 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年9月24日, 在汶川8.0级地震主要震区北川县境内爆发了区域性的泥石流灾害, 造成了重大的灾情。为探明震区内暴雨泥石流发育与地震的响应特征, 以北川县为例, 在对该区域内震后暴雨泥石流特征调查的基础上, 对境内72条暴雨泥石流沟的发育特征与断裂带相对位置及不同地震烈度区的对应关系进行了分析。结果表明, 汶川地震后, 北川县境内的暴雨泥石流数量具有典型的“上下盘效应”, 主要集中分布在断裂带(北川—映秀)的上盘; 同时, 泥石流的发育密度与地震烈度也表现出显著的“正烈度效应”关系, 主要表现为泥石流发育的密度随地震烈度的增加而增大。研究结果对解释地震对泥石流发育及分布的影响具有重要的作用, 可为震区泥石流的防灾减灾及风险控制提供科学依据。

关键词: 暴雨泥石流; 响应特征; 四川省北川县; 汶川地震

中图分类号: P315.9; P642.23 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2011)04-0073-04

一次强烈的地震不仅可以直接触发泥石流, 而且由于地震引起的大量岩体松动, 也会产生许多崩滑体, 为泥石流的孕育提供了丰富的物质来源, 从而使地震后相当长时期内泥石流都很活跃^[1]。从我国泥石流灾害的空间分布特征上看, 泥石流主要集中分布在一些大断裂、深大断裂发育的强震区河流沟谷两侧, 这些地区的泥石流具有密度最大、活动最频繁、危害最严重等特征^[2]。

汶川8.0级地震发生后, 震区内因地震诱发大量的滑坡和崩塌, 大量的松散固体物质堆积在沟道两侧山坡或沟道内, 为泥石流的孕育提供了必要条件。2008年9月24日, 仅距汶川大地震后的短短4个多月, 极震区北川县境内普降暴雨, 引发了大范围泥石流灾害, 造成40余人死亡或失踪, 数千亩良田及房屋被冲毁和淤埋, 其中北川老县城几乎全部被泥石流所淤埋, 致使县城多处地震遗址被破坏, 造成了不可估量的损失。这次震区暴发的泥石流灾害表明, 汶川地震震区泥石流已进入一个新的活跃期, 震区内泥石流的活动将会更加频繁^[3-4]。因此, 研究汶川震区泥石流灾害的发育与地震的对应关系特征对泥石流灾害的防治

及风险控制有着重要的意义。

1 研究区概况

四川省绵阳市北川县属于典型的山区, 境内山高坡陡, 地势狭窄, 地质环境及生态环境脆弱, 为泥石流灾害的发育提供了良好的条件, 是典型的泥石流易发区。区内出露的分布地层有寒武系、志留系、泥盆系、石炭系及新生界第四系松散堆积层。岩石类型包括寒武系的砂岩、砂页岩、泥质灰岩; 志留系的板岩、千枚岩、灰岩; 泥盆系和石炭系的碳酸岩盐; 第四系松散堆积层广泛分布于河流两侧和山前沟口地带的阶地和洪积扇上。区内地质构造以北东走向为主, 受构造走向控制, 岩层走向亦以北东走向为主。研究区位于亚热带湿润季风气候区, 属四川区域著名的鹿头山暴雨区, 雨量充沛, 年均降雨量1 399.1 mm, 年最大降雨量2 340 mm, 日最大降雨量101 mm, 小时最大降雨量42 mm。区内降雨主要集中在6-9月, 占全年降雨量83%, 空间分布不均, 年均降雨量具有从东南向北西逐渐变小的规律。据震区次生

* 收稿日期: 2011-03-07

基金项目: 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室(成都理工大学)开放基金(GZ2009-09)

作者简介: 铁永波(1979-), 男, 云南大关人, 博士, 助理研究员, 主要从事环境地质和地质灾害防治与评价方面研究。

E-mail: tyongbo@cgs.cn

地质灾害排查结果显示,汶川大地震后,震区内发育有大量的滑坡、崩塌及不稳定斜坡等不良地质体形成的大量松散固体物质,这些固体物质堆积在坡面或沟道内,为泥石流的孕育和发生提供了有利的条件,一旦遭遇暴雨,就容易引发泥石流。

2 汶川地震与泥石流发育的响应特征

2.1 泥石流发育数量与断层上下盘的对应关系

断裂带活动的上下盘与泥石流的发育有着密切的关系,许多大断裂带和深大断裂带附近发育的河流或沟谷两侧往往是泥石流集中分布区^[2]。虽然目前没有较系统的研究成果专门论述泥石流的分布特征与断裂带上下盘的关系,但这种现象在汶川地震后表现得尤为明显。从断裂带的运动特征上分析,北川县境内的汶川—映秀断裂是鲜水河断裂带的中央断裂,受其影响,上盘地表破坏强烈,使得滑坡、崩塌等不良地质体较为发育,并成为泥石流的主要物源,这就必然导致相应区域内的泥石流也较为发育。根据前期的研究,北川县境内紧靠映秀—北川断层西北端的泥石流沟在空间上呈“带状”展布,且泥石流沟沿岷江等河流两岸分布密度也较高,反映出断层和水系对泥石流空间分布特征的控制性^[5]。为直观地了解北川—映秀断裂带上下盘与暴雨泥石流的发育特征,将两者在图上进行叠加分析。从图1中可以看出,在断裂带的两侧,泥石流的发育数量和密度也呈显著的差异,主要体现在泥石流沟集中发育在北川—映秀断裂带的上盘:在72条泥石流沟中,有65条泥石流沟发育在上盘,占总数的90%;有4条泥石流沟发育在下盘,占总数的5.6%,剩下的3条泥石流沟流域跨过上下盘(图1)。

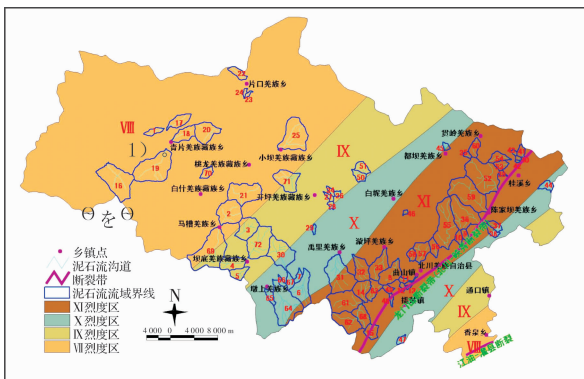


图1 汶川地震烈度与北川县泥石流发育数量关系图

2.2 泥石流密度与地震烈度的对应关系

泥石流的发育密度与发震时不同的地震烈度区有着很好的对应关系,并与某具体的地震序列或某一次强震的时空相关,主要分布在烈度 \geq Ⅶ度的地区,这也是泥石流分布密度的突变转折烈度区^[1,6]。根据1976年四川松潘—平武地震烈度与泥石流的耦合关系图可看出,随地震烈度增大,地震泥石流发生的条数增多,密度急剧增加,并在烈度Ⅷ~Ⅸ度之间形成地震泥石流密度分布的突变转折区,可称为地震泥石流突增耦合烈度区^[6](图2)。

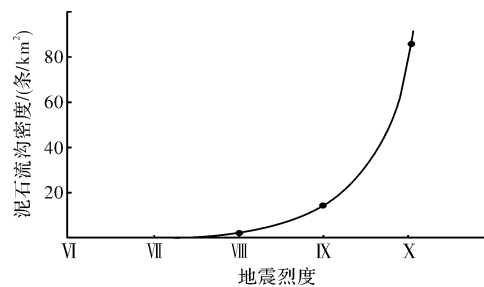


图2 松潘—平武地震烈度与泥石流分布关系图^[6]

根据余斌等的研究,汶川地震后岷江上游地震烈度在Ⅶ以下的泥石流沟发育较少,从Ⅷ度区开始,泥石流的发育数量增多,X度及以上地区影响显著增加^[7]。为验证北川县境内暴雨泥石流的分布是否与地震烈度也呈现这样的特征,论文将72条泥石流沟与汶川地震的烈度进行了统计分析,结果显示,在地震烈度为X度以上的地区,泥石流沟的发育数量急剧增加,说明在汶川震区内地震烈度为X以上的地区泥石流较为发育,这与其它学者的研究基本一致^[8-9](图3)。

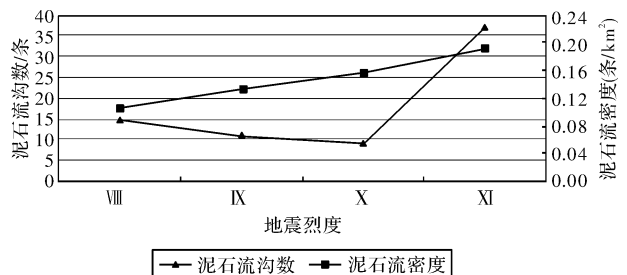


图3 汶川地震震级与北川县泥石流发育密度对应关系图

根据地震烈度与泥石流发育数量的比例统计结果可以看出,离地震断裂带越远,泥石流的发育密度具有明显减小的趋势,这主要是因为地震烈度较大的地区,泥石流松散物源的汇集程度及汇集量相对较大,泥石流发育的密度就相对较大,

反之则较小。此外, 还可以看出, 泥石流分布数量最多的是在Ⅺ度区(37 条), 其次为Ⅷ度区(15 条), 两个烈度区泥石流发育数量占总数的 72% (表 1)。

表 1 北川县泥石流发育密度与汶川地震烈度对应关系表

地震烈度	泥石流沟数/ 条	烈度区面积/ km ²	泥石流发育 密度/(条/km ²)
Ⅷ	15	142.1	0.110
Ⅸ	11	81.7	0.135
X	9	57.9	0.155
Ⅺ	37	209.8	0.176
合计	72	491.5	—

从表 1 可以看出, 虽然泥石流沟的发育数量与地震烈度没有明显的函数关系, 但泥石流的发育密度与地震烈度的对应关系较为明显。但从泥石流发育的密度上看, Ⅺ度区泥石流密度最大, Ⅷ度区泥石流发育密度最小, 泥石流发育密度随着地震震级的增大而增加, 两者具有显著的正相关关系(图 2)。

3 结论

四川省绵阳市北川县位于汶川大地震发震的主断裂区, 地表破裂程度和范围都较大, 大量的滑坡、崩塌等不良地质体也随之发育, 为震区泥石流的孕育和发生提供了条件。通过对北川县境内震后发生的 72 条暴雨泥石流沟和汶川地震的耦合关系分析, 主要得到以下几点结论。

(1) 泥石流发育数量具有明显的“上下盘效应”。从汶川地震后北川县暴雨泥石流的发育数量和所处断层上下盘的对应关系分析可以看出, 泥石流主要集中发育在北川—映秀主断裂带的上盘(上升盘), 而下盘泥石流的发育数量显著减小。这主要是因为龙门山断裂带为左旋逆冲断层, 断层上盘的逆冲使得地表破裂程度强烈, 致使滑坡、崩塌等不良地质体发育, 为泥石流的发育提供了充足的物源条件, 致使该区域内泥石流相对下盘较为发育。

(2) 泥石流发育密度与地震烈度具有明显的正对应关系。研究区内泥石流主要分布在地震烈度大于Ⅷ度的地区, 且泥石流发育的密度与地震震级呈现出显著的正相关性, 即泥石流发育密度随震级的增加而增大。泥石流发育密度与震级的正效应可以解释为: 离主断裂越近, 震级越大, 地震发生时其地表的震动程度也就越强烈, 这就直

接导致坡表滑坡、崩塌等不良地质体的发育密度也相应增大, 最终导致泥石流发育的密度也较大。虽然泥石流发育密度与震级烈度呈明显的正比对应关系, 但泥石流发育的数量与地震震级却没有明显的函数关系, 这可能与不同震级区的岩性特征有很大的关系。

(3) 汶川震区内暴雨泥石流活动将会更频繁。一次地震将使震区在未来很长一段时间内泥石流都较为活跃, 如 1847 年日本信浓善光寺 7.4 级地震及 1923 年关中 7.9 级地震发生后, 震区内暴雨泥石流持续强烈活动数年; 1973 年我国炉霍 7.6 级地震、1974 年永善—大关 7.1 级地震、1976 年的松潘—平武 7.2 级地震以及 1996 年的丽江 7.0 级地震, 均导致灾区在震后很长一段时间内泥石流灾害异常活跃^[10]。从汶川地震后两个雨季诱发的暴雨泥石流特征可以看出, 震区已进入一个新的泥石流活跃期, 在未来很长一段时间内, 泥石流将成为震区的主要地质灾害之一, 有针对性地对震区泥石流开展风险评价及风险控制对灾后重建及灾区经济的可持续发展具有重要意义。

参考文献:

- [1] 徐俊名, 谭万沛. 1976 年松潘平武地震泥石流[C]//泥石流. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1986: 67-75.
- [2] 廖育民. 地质灾害预报预警与应急指挥及综合防治实务全书[M]. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2003.
- [3] 唐川, 许强. 强震区城市地质灾害风险管理的研究内容与方方法探讨[J]. 工程地质学报, 2009, 17(1): 56-62.
- [4] 铁永波, 唐川. 汶川县城泥石流灾害风险评价研究[J]. 灾害学, 2010, 25(4): 43-47.
- [5] 唐川, 梁惊涛. 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.
- [6] 唐川, 朱静. 云南滑坡泥石流研究[M]. 北京: 商务印书馆, 2003.
- [7] 余斌, 王士革, 谢洪, 等. 岷江上游汶川“5.12”强震区泥石流活动特征的初步研究[R]. 成都: 中国科学院成都山地灾害研究所, 2009.
- [8] Liu Chia-Nan, Huang Hsiao-Fung, Dong Jia-Jyun. Impacts of September 21, 1999 Chi-Chi earthquake on the characteristics of gully-type debris flows in central Taiwan[J]. Nat Hazards, 2008, 47: 349-368.
- [9] Lin CW, Lee SY, Huang ML. The empirical rainfall thresholds to trigger debris flows in Central Taiwan after 1999 Chi-Chi earthquake[J]. Geophys Res Abstr, 2006, 8: 027-35.
- [10] 钟敦伦. 试论地震在泥石流活动中的作用[C]//全国泥石流学术会议论文集. 成都: 中国科学院成都地理研究所, 1980: 100-109.

(下转第 81 页)