

余斌, 赵国相, 朱渊, 等. 辽宁省岫岩县 20120804 泥石流调查研究[J]. 灾害学, 2014, 29(3): 91–96. [Yu Bin, Zhao Guoxiang, Zhu Yuan, et al. Investigation and Study on the Debris Flow in Xiuyan County of Liaoning Province on August 4, 2012[J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(3): 91–96.]

辽宁省岫岩县“20120804”泥石流调查研究^{*}

余斌¹, 赵国相², 朱渊¹, 谢洪³, 钟敦伦³

(1. 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;

2. 辽宁省鞍山市岫岩县水利局, 辽宁 岫岩 114399;

3. 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)

摘要: 1980 年代的 3 次台风和气旋过境引起的暴雨过程诱发的山洪泥石流, 使辽宁省岫岩县损失惨重。受 2012 年第 10 号台风“达维”的影响, 2012 年 8 月 3–4 日, 岫岩县西部发生强降雨过程, 引起了大范围的泥石流暴发, 造成近十人死亡, 直接经济损失几十亿元。通过现场调查“20120804”泥石流灾害, 对比分析了这次泥石流的分布规律、形成原因以及成灾特征。研究得出了岫岩县西部沟谷泥石流的敏感坡度($25^{\circ} \sim 50^{\circ}$), 百分比 $S \geq 0.38$, 或流域高差 $H \geq 400$ m 的流域基本为泥石流沟; 沟谷泥石流的地形因子 $B \geq 0.19$, 或 $G \geq 60$, 或 $T \geq 27$ 的流域, 基本可以判断为泥石流沟。

关键词: 泥石流; 台风; 降雨; 地形条件; 辽宁岫岩

中图分类号: P642.23; X4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2014)03–0091–06

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2014.03.017

岫岩满族自治县(简称岫岩县)位于辽宁省东南部, 隶属于鞍山市管辖。1980 年代的 3 次台风和气旋过境引起的暴雨过程诱发的山洪泥石流, 使岫岩县损失惨重。1982 年 8 月 5–8 日, 岫岩县西北部最大降水总量达 479.0 mm, 最大 1 d 降水量 358 mm, 激发了大范围泥石流灾害。1987 年 8 月 19–20 日, 岫岩县东部遭遇特大暴雨, 总降水量达 598.0 mm, 暴发泥石流当日(19 日)雨量 318 mm, 最大 1 h 降雨达 100 mm, 再次引发了较大范围的泥石流灾害。1989 年 7 月 18 日, 岫岩县东北部遭遇降特大暴雨, 最大 12 h 降雨达 240 mm, 最大 1.5 h 降水量 150 mm, 又一次引起大范围泥石流暴发^[1–3]。这三次大范围泥石流灾害共造成 138 人死亡、4 人失踪, 直接经济损失超过 3.15 亿元^[1]。

2012 年 8 月 3–4 日, 受 2012 年第 10 号台风“达维”的影响, 辽宁省东南部发生强降雨过程, 其中岫岩县西部是主要强降雨区域。8 月 3 日 0 时至 4 日 17 时, 岫岩县西部的石灰窑镇、前营子镇、哈达碑镇、龙潭镇、牧牛乡、偏岭镇、大房身镇和三家子乡的降雨量都超过了 316 mm, 其中石灰窑镇的李家堡子降雨量达 511 mm。最大 1 h、3 h、6 h 降雨量也都发生在李家堡子, 分别达 82 mm、200 mm 和 228 mm^[4–6]。强降雨也引起了大范围的

泥石流暴发, 造成近 10 人死亡, 直接经济损失几十亿元。与 30 年前的几次大范围强降雨过程一样, 简称为“20120804”泥石流灾害。

本文通过现场调查“20120804”泥石流灾害, 对比分析了这次泥石流的分布、形成以及成灾特征, 研究了形成沟谷泥石流的地形条件, 并提出防灾建议, 为今后该区域的防灾减灾提供可资借鉴的参考依据。

1 “20120804”泥石流分布

泥石流的激发与前期降雨和激发降雨有关。钟敦伦等分析研究了岫岩 1982 年、1987 年和 1989 年 3 次暴雨诱发泥石流的降雨条件后指出: 3 d 降水总量在 200 mm 以上, 第 3 d(即泥石流的激发日)降水量在 150 mm 以上的山区泥石流沟暴发泥石流的可能性很高^[1]。这个降雨条件可以归结为: 前期降雨在 50 mm 以上, 激发泥石流的日降雨量在 150 mm 以上。

钟敦伦等还根据岫岩县的地形和地质条件, 分析了 1982 年、1987 年和 1989 年 3 次泥石流等山地灾害的分布规律, 将岫岩县的山地灾害进行了危险性分区, 划分为 3 个一级危险区: 中低山山地

^{*} 收稿日期: 2013–11–15 修回日期: 2014–01–07

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41372366)

作者简介: 余斌(1966–), 男, 四川成都人, 教授, 主要从事泥石流的形成、运动和淤积等研究工作。

E-mail: drbinyu@gmail.com

灾害危险区、低山丘陵山地灾害危险区、丘陵山地灾害危险区, 7 个 2 级危险区(中低山泥石流-崩塌危险区、低山丘陵山洪-崩塌危险区、低山丘陵泥石流-崩塌危险区、丘陵泥石流-崩塌危险区、丘陵-山洪崩塌危险区等)和 10 个 3 级危险区(泥石流-崩塌重度危险区、山洪-崩塌重度危险区、泥石流-崩塌次重度危险区、山洪-崩塌次重度危险区等)^[1]。“20120804”岫岩县泥石流灾害分布在上述危险区中(图 1)。

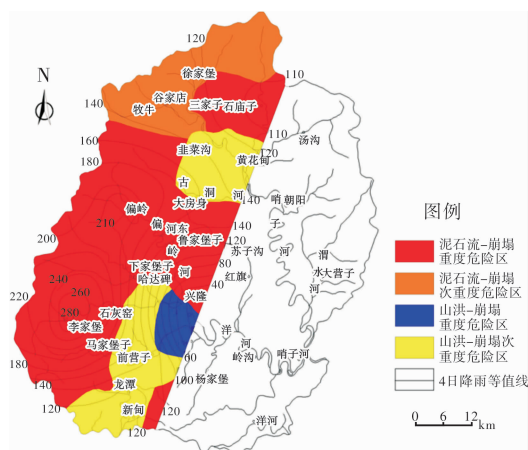


图 1 2012 年 8 月 4 日降雨及泥石流危险区分布

图 1 为 2012 年 8 月 4 日降雨分布, 图 2 为 2012 年 8 月 3-4 日降雨量以及“20120804”沟谷泥石流分布和坡面泥石流(含崩塌)暴发区图。泥石流-崩塌的重度危险区, 前期降雨在 200 mm 以上, 激发泥石流的日降雨量在 150 mm 以上降雨的重叠范围, 就是“20120804”岫岩县西部泥石流的主要暴发区域(图 2)。在上述范围内的一些流域因为属于低山区, 流域高差不大, 而岫岩的泥石流主要集中在相对高度较大的流域^[1], 因此没有出现大范围的泥石流暴发现象。在岫岩县的西北角的牧牛和徐家堡一带, 属于泥石流-崩塌的次重度危险区, 前期降雨在 200 mm 以下(190 mm 以上), 激发泥石流的日降雨量在 150 mm 以下(110 mm 以上), 也有大范围的泥石流暴发。

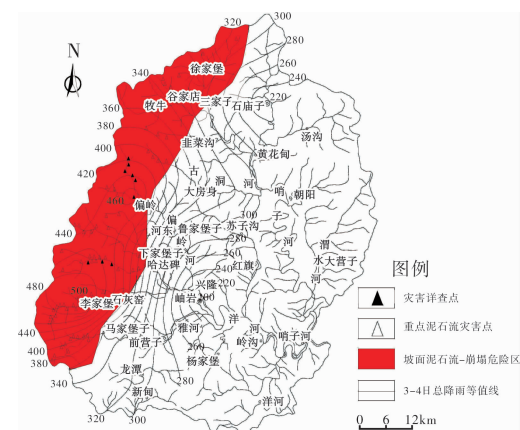


图 2 2012 年 8 月 4 日泥石流分布及 2012 年 8 月 3-4 日降雨分布

图 2 中的泥石流暴发区显示, 2012 年 8 月 4 日暴发的泥石流主要分布在岫岩西部的中山山区,

该区域流域高差较大, 与泥石流主要集中在分布在相对高差较大的区域的结论一致。现场详细调查的暴发泥石流流域, 都是以前定义的泥石流沟^[1]。

2 泥石流特征

岫岩县的山地灾害主要有崩塌和泥石流, 其中崩塌既有基岩崩塌, 又有由残积坡积层在雨水作用下形成的崩塌(包括滑塌), 并以后者为主。残坡积层崩塌(包括滑塌), 主要发育在坡度较陡、堆积有较厚的残坡积物, 并有一定汇水条件的凹形坡面, 其中的滑塌兼具有滑坡和崩塌的特征, 发生时具有巨大的冲击力和侵蚀能力, 猛烈撞击地面, 发出巨大声响, 并在山坡上形成长条状侵蚀凹槽, 当地群众谓之“啸山”、“片山”。一些崩塌体在运动过程中直接转化为坡面型泥石流^[1]。

2008 年 6 月 7 日香港的 Lantau 岛在强降雨作用下发生了 1 600 个坡面泥石流和滑坡, 其中有 60 个形成了沟道泥石流, 运动距离都超过 200 m, 其中最远的运动距离超过 1 000 m, 沿途侵蚀坡面底床使泥石流的总量达到启动时坡面泥石流的总量的 21 倍, 最大巨石粒径达 2 m^[7]。这类坡面泥石流的发生地点位置较高, 不易被发现, 运动距离较长并起动较多的坡面物质形成较大的规模, 危害较大。图 3a 所示为岫岩县偏岭镇的残坡积层崩塌在运动过程中直接转化为坡面型泥石流, 并起动沿途底床, 形成较大规模的泥石流。该泥石流造成 2 人死亡, 3 人受伤。



(a) 坡面泥石流



(b) 崩塌

图 3 坡面泥石流和崩塌灾害

处于较低位置的崩塌, 由于坡度陡, 势能较大, 即使体积很小也能造成灾害。图 3b 为岫岩县哈达碑镇的崩塌, 山坡下有民房 5 间, 其中 3 间被崩塌摧毁, 造成 3 人死亡。

坡面泥石流和崩塌在岫岩境内分布很广, 它们不仅构成主沟泥石流的物源, 而且本身也极易造成危害。由于其分布广, 往往对靠近山坡较近的房屋设施和田园造成较大危害。据调查统计, 1980 年代的灾害损失中, 约 20% 属于这种泥石流造成的^[1]。“20120804”泥石流灾害中有 50% 以上是这类灾害造成的。

岫岩境内有泥石流沟(坡)844 条(处), 其中沟谷泥石流 587 条, 坡面泥石流 257 处; 进行编目的重点泥石流沟有 207 条, 这 207 条中约 90% 属于稀性泥石流, 粘性泥石流占 10% 左右^[1], 多分布在河流三级支流的中下游地段和较大的四级支流中^[1]。由于泥石流沟下游区域多为开阔的泥石流堆积扇, 多为居民集中区, 故泥石流一旦暴发, 危害性极大, 往往淹埋田园、冲毁房屋、公路、桥梁和所经地域的一切建筑设施, 甚至造成人员伤亡。世界上重大的泥石流灾害往往是由这类沟谷泥石流造成的, 如 1999 年造成 1.5 万人死亡的委内瑞拉泥石流和 2010 年造成 1 744 人死亡的中国甘肃舟曲泥石流都是这类泥石流^[8-10]。因此防范泥石流是非常有必要的。

岫岩县在 1982 年、1987 年和 1989 年 3 次大规模泥石流灾害后, 以前居住在沟谷泥石流危险区的许多居民已经搬迁出危险区, 部分泥石流流域内也采取了泥石流防治措施, 这使得 2012 年的泥石流危害大为减少, 尤其是沟谷泥石流造成的人员伤亡减少很多。但是仍然有一部分房屋建在泥石流的危险区内, 这是 2012 年岫岩的沟谷泥石流造成灾害的主要原因之一。在 1980 年代的灾害中, 约有 80% 是属于沟谷泥石流造成的^[1]。“20120804”泥石流灾害中仅有不到 50% 是这类泥石流造成的。图 4 所示为偏岭东北沟泥石流淤埋沟口房屋。泥石流在该流域的下游冲毁房屋 6 间, 造成 3 人死亡。

2012 年 8 月 3 日岫岩县西部大多乡镇的降雨量达到 200 mm 以上, 4 日凌晨 0 时开始降雨逐渐增大, 在 2 时左右降雨最大。泥石流的暴发时间都在凌晨 2 时至 3 时。夜间能见度低, 又遇大暴雨, 使人们无法判断泥石流的暴发并及时躲避。夜间暴发的泥石流是加重人员伤亡的另一个原因。

岫岩县的中山和低山区的泥石流危险区域在今后遭遇特大暴雨时, 特别是台风和气旋过境带来大暴雨和特大暴雨时, 还会暴发大规模和大范围泥石流灾害, 采取必要的泥石流预防措施, 减少人员伤亡和财产损失, 是非常重要和很有必要的。

3 沟谷泥石流形成的地形条件

“20120804”泥石流的暴发区内发育了很多的



(a) 淤埋左岸房屋



(b) 淤埋右岸房屋

图 4 沟谷泥石流灾害

泥石流沟, 但在这些泥石流沟附近也有很多非泥石流沟。研究区主要分布在岫岩县的西部, 该区域出露的主要岩性为花岗岩、角闪岩和片麻岩, 地质构造上主要有唐望山-老尖顶复式背斜等, 断层数量较多, 但规模不大^[1], 总体上地质条件比较单一。2012 年 8 月 3-4 日在研究区的降雨分布也比较广泛, 总降雨量在 300 ~ 500 mm 范围内的泥石流沟大多都有泥石流暴发, 总体上降雨量差别不大。形成泥石流的三大条件: 地形、地质和降水条件中的 2 个条件相差不大, 近邻的泥石流沟和非泥石流沟的地质条件和降水条件就更加接近, 决定是否为非泥石流沟的主要因素就只有地形条件。

岫岩境内有沟谷泥石流 587 条, 重点泥石流沟有 207 条^[1]。研究区内有沟谷泥石流沟 191 条(占总数的 32.5%), 其中重点泥石流沟 76 条(占总数的 36.7%)。为了对比研究沟谷泥石流形成的地形条件, 在这些泥石流沟附近, 选取了 73 条非泥石流沟作为对比研究对象, 分析 1: 5 万地形图, 研究地形条件在沟谷泥石流形成中的作用。

沟谷泥石流的形成离不开固体物源, 岫岩县沟谷泥石流的主要物源是流域内山坡坡面的崩塌。岫岩县境内形成崩塌的主要坡度在 27° ~ 45°, 占全部崩塌的 96%^[1]。将研究区内的 191 条泥石流沟和 73 条非泥石流沟的山坡坡度分级为 0° ~ 15°, 15° ~ 20°, 20° ~ 25°, 25° ~ 30°, 30° ~ 35°, 35° ~ 40°, 40° ~ 45°, 45° ~ 50°, 50° ~ 55°, 55° ~ 90° 等 10 个坡度分级, 研究发现山坡坡度在 25 ~ 50° 时, 泥石流沟和非泥石流沟的差别最大。这个 25° ~

50°的坡度敏感范围与其他地区,如贵州望漠的硅质粉砂岩夹页岩区域的25°~40°^[11]及30°~40°^[12]的敏感范围有一定的差别,但和同样基本为花岗岩的四川省都江堰龙池地区的25°~50°^[13]的敏感范围是一致的,说明流域岩性对崩塌等的敏感坡度有较大的影响。

图5为研究区内的沟谷泥石流流域面积(A)与山坡坡度 S (25°~50°的坡度面积占全流域面积的百分比)关系图。泥石流沟和非泥石流沟的敏感坡度(25°~50°)百分比 S 没有非常明显的区别,尤其在 $S < 0.38$ 的范围内更是混在一起,其主要原因有:①1:5万地形图只能区别流域的坡度,还不能区别较大坡度的潜在崩塌是否有临空面或剪出口,而临空面或剪出口是形成崩塌的另一个关键因素;②地形上的起伏变化,如上缓下陡^[11,14],凹陷地形^[1]等对崩塌的形成也有很大的影响。尽管坡度对泥石流形成的影响不是非常明显,但在具有较大比例的25°~50°坡度的流域,如 $S \geq 0.38$ 的流域是泥石流沟的可能性较大。图5中的191条泥石流沟中, $S \geq 0.38$ 的流域有91个,占47.6%;而73条非泥石流沟中, $S \geq 0.38$ 的流域仅有12个,占16.4%。因此25°~50°的山坡坡度面积占全流域面积的比例 $S \geq 0.38$ 的流域,基本可以判断为泥石流流域。

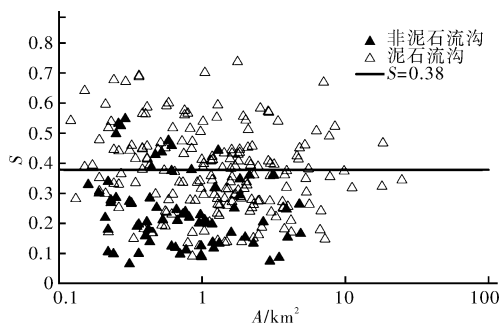


图5 沟谷泥石流面积 A 与山坡坡度 S 关系

坡面的崩塌在进入沟谷泥石流的沟道中后,还需要洪水携带这些固体物质形成沟谷泥石流,因此流域的高差或流域沟床纵比降显得非常重要,因为这两个因素决定了形成泥石流的势能条件。岫岩县的中低山区的沟谷泥石流的流域高差都较大,主要在200~600 m^[1]。图6为研究区内的沟谷泥石流流域面积(A)与流域高差 H (m)关系图。尽管研究区内的所有泥石流流域的高差 H 都在100 m以上,绝大多数 H 在200 m以上,但在高差 $H < 400$ m的区域内,泥石流流域和非泥石流流域是混在一起的,不能很好地区别开。在高差 $H \geq 400$ m范围内,191条泥石流沟中,高差 $H \geq 400$ m的流域有67个,占35.1%;而73条非泥石流沟中,高差 $H \geq 400$ m的流域仅有2个,占2.7%。因此流域高差 $H \geq 400$ m的流域,基本可以判断为泥石流流域。

图6中的流域高差与流域面积成正比例关系:流域越大,高差越大。这是因为流域面积越大,

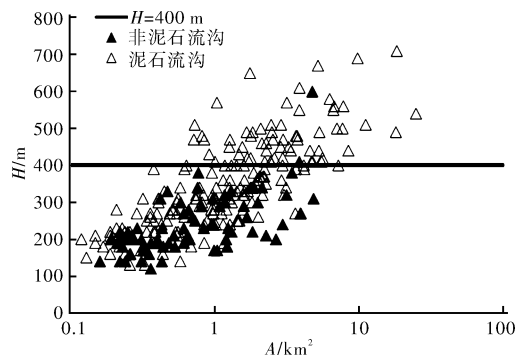


图6 沟谷泥石流面积与高差关系

流域范围也越大,流域沟长越长,高差越大。但在相同的流域高差时,沟长越大,沟床纵比降越小,越不利于泥石流的发育。因此仅用流域高差还不能说明流域的势能条件,而沟床纵比降可以更好地描述流域的势能条件。图7为研究区内的沟谷泥石流流域相对面积 A/A_0 (单位流域面积 $A_0 = 1 \text{ km}^2$)与流域沟床纵比降 J 关系图。尽管图中存在一部分混杂在一起的区域,但总体上泥石流沟和非泥石流沟的区别比较明显:泥石流沟的沟床纵比降大多大于非泥石流沟的沟床纵比降,其分界线随流域面积的增大而减小,这是因为小流域被切割较少,流域的沟床纵比降都较大。综合考虑沟床纵比降和流域面积的因素,可以得到沟谷泥石流的地形因子 B :

$$B = J(A/A_0)^{0.25} \geq Cr1 \quad (1)$$

式中: B 为沟谷泥石流地形因子; J 为沟谷泥石流沟床纵比降; A 为沟谷泥石流流域面积(km^2); A_0 为单位流域面积($= 1 \text{ km}^2$); $Cr1$ 为临界值。

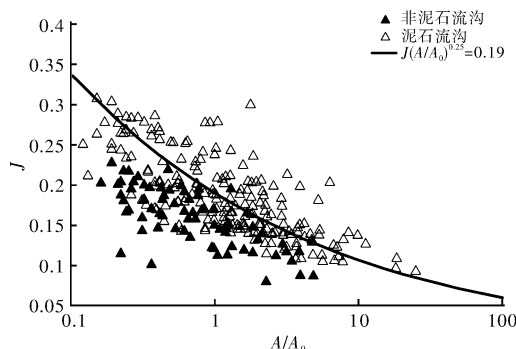


图7 沟谷泥石流面积与沟床纵比降关系

图7中的临界值 $Cr1$ 为0.19时,191条泥石流沟中, $B \geq 0.19$ 的流域有90个,占47.1%;而73条非泥石流沟中, $B \geq 0.19$ 的流域仅有3个,占4.1%。因此沟谷泥石流地形因子 $B \geq 0.19$ 的流域,基本可以判断为泥石流流域。

图5~7和式(1)分别研究了山坡坡度、流域高差和沟床纵比降与流域面积的关系,分别给出了泥石流可能性较大的临界值。如果结合沟谷泥石流的敏感坡度(25°~50°)百分比 $S \geq 0.38$ 和流域高差 $H \geq 400$ m,以及地形因子 $B \geq 0.19$,以满足其中任一条件为判断泥石流沟依据,可以判断191

条泥石流沟中的 137 条,占 71.7%;但同时发生误判的可能性也增加到 17 条,占 23.3%。如果再深入研究这三个条件,可以得到更好的地形因子判断标准。

引入高差的相对值 H/H_0 (H_0 为单位高度, $=1\text{ m}$), 分析泥石流地形因子 B 与高差的相对值 H/H_0 的关系, 如图 8 所示, 可得沟谷泥石流的地形因子 G :

$$G = BH/H_0 = J(A/A_0)^{0.25} H/H_0 \geq Cr2 \quad (2)$$

式中: G 为沟谷泥石流地形因子; H 为沟谷泥石流流域相对高差(m); H_0 为单位高差($=1\text{ m}$); $Cr2$ 为临界值。

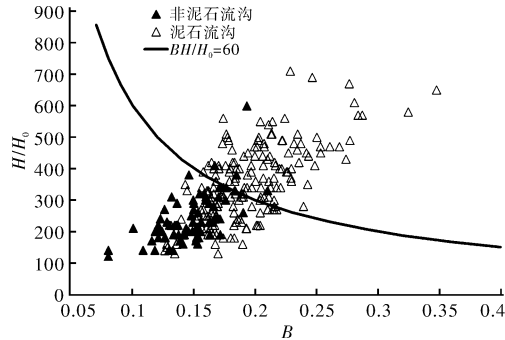


图 8 沟谷泥石流地形因子 B 与高差的相对值 H/H_0 关系

图 8 中的临界值 $Cr2$ 为 60 时, 191 条泥石流沟中, $G \geq 60$ 的流域有 104 个, 占 54.5%; 而 73 条非泥石流沟中, $G \geq 60$ 的流域仅有 4 个, 占 5.5%。因此沟谷泥石流地形因子 $G \geq 60$ 的流域, 基本可以判断为泥石流流域。在式(1)和(2)的基础上, 分析沟谷泥石流的敏感坡度($25^\circ \sim 50^\circ$)百分比 S 与泥石流地形因子 G 的关系, 如图 9, 可得沟谷泥石流的地形因子 T :

$$T = GS^{0.5} = J(A/A_0)^{0.25} H/H_0 S^{0.5} \geq Cr3 \quad (3)$$

式中: T 为沟谷泥石流地形因子; S 为沟谷泥石流的敏感坡度($25^\circ \sim 50^\circ$)百分比; $Cr3$ 为临界值。

图 9 中的临界值 $Cr3$ 有 3 个: 9, 18 和 27。3 个临界值将泥石流沟的可能性分为: 可能性极小, 可能性很小, 可能性中等和可能性很大。表 1 为泥石流沟的 T 值可能性判断表。在 191 条泥石流沟中, $T \geq 27$ 的流域有 132 个, 占 69.1%; 而 73 条非泥石流沟中, $T \geq 27$ 的流域仅有 9 个, 占 12.3%。因此沟谷泥石流地形因子 $T \geq 27$ 的流域, 基本可以判断为泥石流流域。采用地形因子 T 判断泥石流沟的可能性, 简单可靠, 可望应用到岫岩县其他区域的泥石流判断中。以地形因子研究判断沟谷泥石流的方法, 也可以用于其它地区的泥石流沟判断研究。

表 1 泥石流沟的可能性判断表

	泥石流沟(191 条)			非泥石流沟(73 条)		
	个数	百分比/%	可能性	个数	百分比/%	
$T < 9$	3	1.6	极小	8	11.0	
$9 \leq T < 18$	15	7.8	很小	39	53.4	
$18 \leq T < 27$	41	21.5	中等	17	23.3	
$T \geq 27$	132	69.1	很大	9	12.3	

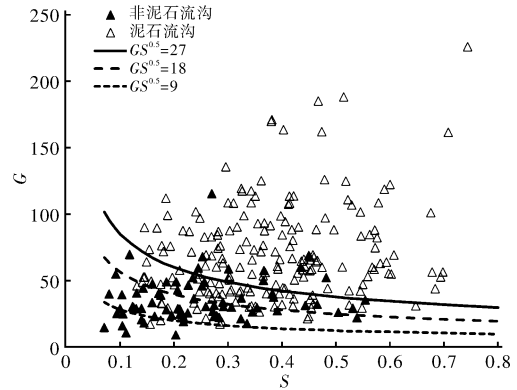


图 9 沟谷泥石流面积与沟床纵比降关系

4 防灾建议

“20120804”泥石流比 1982 年和 1989 年的泥石流造成的人员伤亡和财产损失都要小, 主要原因是在 1990 年代开始, 大部分以前居住在沟谷泥石流危险区的居民搬迁出了危险区, 部分流域内采取了泥石流防治措施。但是仍然有一部分房屋建在泥石流的危险区, 还有很大部分的居民住房布局不合理。这是“20120804”泥石流灾害造成人员伤亡的主要原因。岫岩县境内居民点布局不合理, 主要表现在以下几个方面^[1]。

(1) 在陡坡下方建房

陡坡往往是崩塌和坡面泥石流发生的场所, 因此在陡坡下方建房极易遭崩塌或坡面泥石流的危害。如图 3 中的两处人员伤亡事件, 都是这类典型案例。

(2) 紧靠泥石流过流断面建房

沟道的过流断面, 是泥石流或洪水的必经之道, 紧靠过流断面建房, 在泥石流流量较大时, 将超过一般的过流断面, 进而危害到过流断面附近的民房。图 5 中的民房就是紧靠泥石流过流断面, 当发生小规模泥石流时, 还不会影响到居民的住房; 但规模较大时, 则不可避免地会被泥石流危害, 造成人员伤亡和财产损失。

居民点布局不合理是造成人民生命财产损失加大的主要原因, 合理布局居民住房是减少泥石流灾害的主要防灾措施。避免在陡坡下方建房, 距离陡坡 50 m 以上的位置建房, 能避开绝大多数的坡面泥石流危害。在沟谷泥石流的过流断面附近, 不能建设永久性的建筑, 尤其不能建住房, 只能是农田等过渡区域, 保证在有较大泥石流发生时, 有足够区域通过和停积。

在遭遇罕见的特大暴雨和特大泥石流灾害时, 泥石流的预警报措施是减少人员伤亡的主要手段。中外的泥石流防治经验都证明了预报灾害、防灾演练和防灾知识培训是非常有效的减灾措施, 尤其是减少人员伤亡的方法。通过前期研究泥石流暴发的临界值和相应的泥石流规模, 预先划分泥石流的危险范围和安全区, 进行防灾演练和防灾

知识培训, 并实施降雨监测等, 建立泥石流预警系统和防灾体系, 在遭遇大暴雨时, 在降雨增大的过程中预测预报泥石流的发生和影响范围, 及时发出警报, 使居民撤离危险区到安全区避险, 是减少人员伤亡的有效措施。

5 结论

“20120804”岫岩县西部的泥石流灾害造成了巨大的损失, 特大降雨过程是造成灾害的主要诱发因素。通过现场调查和资料收集, 本文研究了这次泥石流的分布规律、形成原因以及成灾特征, 研究了沟谷泥石流形成的地形条件, 并提出了泥石流的防灾建议, 得出以下主要结论:

(1) 20120804 暴发的泥石流主要分布在岫岩西部的中山山区。

(2) 岫岩县的中山和低山区的泥石流危险区域在今后遭遇特大暴雨时, 还会暴发大规模和大范围泥石流灾害, 采取必要的泥石流预防措施很有必要。

(3) 岫岩县坡面泥石流的危害难于预防, 是造成人员伤亡的主要泥石流类型; 沟谷泥石流的危害范围容易确定, 是造成人员伤亡的次要泥石流类型。

(4) 岫岩县西部沟谷泥石流的敏感坡度 ($25^{\circ} \sim 50^{\circ}$) 百分比 $S \geq 0.38$, 或流域高差 $H \geq 400$ m 的流域基本为泥石流沟; 沟谷泥石流的地形因子 $B \geq 0.19$, 或 $G \geq 60$, 或 $T \geq 27$ 的流域, 基本可以判断为泥石流沟。

(5) 合理布局居民住房是减少泥石流灾害的主要防灾措施。避免在陡坡下方建房, 和沟谷泥石流的过流断面保持较大的安全距离, 是减少损失和人员伤亡的主要措施。

(6) 泥石流的预警报措施是减少人员伤亡的主要手段, 预报灾害、防灾演练和防灾知识培训是非常有效的减灾, 尤其是减少人员伤亡的方法。

Investigation and Study on the Debris Flow in Xiuyan County of Liaoning Province on August 4, 2012

Yu Bin¹, Zhao Guoxiang², Zhu Yuan¹, Xie Hong³ and Zhong Dunlun³

(1. State Key Laboratory of Geo-hazard Prevention and Geo-environment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. Water Conservancy Bureau of Xiuyan, Xiuyan 114399, China; 3. Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041, China)

Abstract: Three groups of debris flows and flash floods are triggered by typhoon and cyclone in Xiuyan County of Liaoning Province in 1980s and caused great losses. Affected by the tenth typhoon Dawei in 2012, heavy rainfall occurred from August 3 to 4 in the west part of Xiuyan, and was debris flows group of triggered in a large range in this area. The hazards caused nearly ten deaths and more than 1 billion Chinese Yuan economic loss. By field investigation, distribution, formation mechanism and characteristics of hazard of debris flows on August 4, 2012 are analyzed. The topographical factors of formation of gully type debris flow are researched. Results show that the area percentage of sensitive slope ($25^{\circ} \sim 50^{\circ}$) in the catchment, $S \geq 0.38$, or the altitude difference of catchment, $H \geq 400$ m, the possibility of debris flow gully is very high. It is of high possibility of debris flow gully when the topographical factor $B \geq 0.19$, or $G \geq 60$, or $T \geq 27$.

Key words: debris flow; typhoon; rainfall; topographic factor; Xiuyan in Liaoning

参考文献:

- [1] 钟敦伦, 谢洪, 程尊兰, 等. 低山丘陵区(岫岩满族自治县)山地灾害综合防治研究[M]. 成都: 四川科学技术文献出版社, 1993: 1-127, 202-208.
- [2] 钟敦伦, 谢洪. 1987年岫岩县山地灾害考察报告[R]. 成都: 中国科学院·水利部成都山地灾害与环境研究所, 1987.
- [3] 中国科学院·水利部成都山地灾害与环境研究所, 辽宁省水资源与水土保持工作领导小组水土保持办公室. 岫岩满族自治县山地灾害综合防治研究总结报告[R]. 成都: 中国科学院·水利部成都山地灾害与环境研究所, 1991.
- [4] 王玉成. 辽宁省2012年“8.04”暴雨洪水总结与思考[J]. 黑龙江水利科技, 2013, 41(5): 194-198.
- [5] 冯琳, 梁凤国, 王保泽. 辽宁“2012.8.4”暴雨洪水特征分析[J]. 中国防汛抗旱, 2012, 22(6): 23-25.
- [6] 杨永洁. 辽宁“8.04”暴雨洪水及其防御对策[J]. 中国减灾, 2013(4): 43-45.
- [7] McMackin MR, Clahan KB, Dee SM, et al. Geological and geomorphological controls on a long run out channelized debris flow, Hong Kong SAR, China[C]// Proceedings of the International Symposium and the 7th Asian Regional Conference of IAEG. Chengdu, 2009: 373.
- [8] 韦方强, 谢洪, Jose L Lopez, 等. 委内瑞拉1999年特大泥石流灾害[J]. 山地学报, 2000, 18(6): 580-582.
- [9] Lopez JL, Perez D, Garcia R. Hydrologic and geomorphologic Evaluation of the 1999 debris flow event in Venezuela [C]// International Conference on Debris-Flow Hazards, Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment. Davos, Switzerland, 2003: 13-15.
- [10] 余斌, 杨永红, 苏永超, 等. 甘肃省舟曲8.7特大泥石流调查研究[J]. 工程地质学报, 2010, 18(4): 437-444.
- [11] 朱渊, 余斌, 陈源井, 等. 贵州望谟打蒿沟“6·06”泥石流特征[J]. 山地学报, 2012, 30(5): 599-606.
- [12] 王涛, 余斌, 元星, 等. 贵州望谟纳包沟泥石流特征及成因分析[J]. 现代地质, 2013, 27(3): 727-732.
- [13] 李丽. 强震区群发性沟谷型泥石流地形因子研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2012: 1-70.
- [14] Wieczorek, G F Wilson, R C Ellen, et al. Thirty-one years of debris-flow observation and monitoring near La Honda, California, USA[C]// Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment. Netherlands: Mill Press, 2007: 55-63.