

海螺沟 050811 特大泥石流灾害及减灾对策

陈晓清, 崔鹏, 陈斌如, 齐云龙

(中国科学院 成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘要: 四川省泸定县海螺沟 2005 年 8 月 11 日发生了超过 100 a 一遇的特大泥石流灾害。这次灾害点多、面广, 几乎同时暴发。通过对这次灾害的实地考察, 分析了灾害发生的地质、气象、地貌等方面原因。灾害主要原因是特大暴雨激发所致。结合该流域历史的泥石流活动情况, 进行了简要的发展趋势分析。针对当地的社会条件和自然条件, 提出了防灾、减灾对策, 具体分为应急处理措施和后期防治建议。

关键词: 泥石流; 灾害; 成因; 减灾对策

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)03-0122-05

中图分类号: P642.23

050811 Large-scale Debris Flow in Hailuo Valley and Prevention Countermeasures

CHEN Xiaoqing, CUI Peng, CHEN Binru, QI Yunlong

(Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041, Sichuan Province, China)

Abstract: On August 11, 2005, an extremely wide debris flow disaster with return period of more than 100 years took place in the Hailuo Valley, Luding County, the east of the Gongga Mountain. After investigation of the disaster, the causes of the disaster occurrence, including geology, relief, climate and human activities, were analyzed. The main cause to the occurrence was the heavy rainstorm. The amount of daily rainfall was over 88 mm on August 12. The trend of debris flow activities was analyzed by referring to historical debris flow. Controlling countermeasures such as emergency measures and upper mitigation measures are presented through comparing the 050811 hazard with other hazards like the debris flow in Xinping County.

Keywords: debris flow; hazard; cause; countermeasures

2005 年 8 月 5 日以来, 四川省泸定县境内的海螺沟风景区内连续降雨, 自 8 月 11 日晚上 7 点开始到次日早上 9 点, 在磨西镇、新兴乡范围内发生了特大泥石流灾害(见图 1)。从规模和经济损失来看, 这次是建国以来海螺沟风景区所遭受的最大一次泥石流灾害。通过灾害(这次灾害以后简称 0811 灾害)的现场调查, 分析成灾原因及发展趋势, 以便针对原因在以后的灾害预防和治理中做到有的放矢, 达到减灾、防灾的目的。

1 灾害发育的自然背景

1.1 地貌

灾害区位于贡嘎山东侧, 处于川西高原与四川盆地的交接带上, 地势总体呈东西两侧和北面高, 中部和东南部低。区内海拔最高点贡嘎山山峰 7 556 m; 最低为磨西河与大渡河的汇口, 海拔 976 m, 高差达

6 580 m; 区域内岭谷高差一般 1 500~3 000 m。西侧山峰的主体为近 SN 走向的大雪山脉, 5 000 m 以上的区域终年积雪不化, 分布着现代冰川。

区域内各支沟狭窄, 多呈 V 型谷, 沟床深切而陡峻, 多跌坎; 两岸陡峭, 谷坡坡度 35°~55°, 沟谷宽 10~60 m; 在支沟和主沟交汇处相对开阔, 两岸谷坡的坡度 25°~35°, 河谷宽 100~200 m。

在区域中部的支沟内, 有长约 20 km, 宽 30~500 m 的磨西台地, 是主要农业区域和旅游接待区。

1.2 地质

研究区域出露地层, 由老至新分别为震旦系, 奥陶系, 志留系, 泥盆系, 二叠系, 第四系, 其地层及岩性主要特征如下。

(1) 震旦系。零星分布, 出露不全, 岩性复杂, 由(酸性)中酸性)中性火山岩、碎屑岩、砂板岩、碳酸盐岩组成, 上覆和下伏地层呈不整合接触。



图 1 灾害点位置图

岩以中性) 中酸性) 酸性岩浆岩为主, 成因、次序复杂, 属于岩浆杂岩, 岩脉比较发育。

区域内主要有 2 类: 中酸性杂岩体和贡嘎山岩体。中酸性杂岩体, 分布于磨西台地以东, 呈倒三角形, 主要为斜长花岗岩, 灰白色。贡嘎山岩体, 大面积出露于雅家埂河西侧, 呈北西向板钳状分布, 在岩浆侵入过程中由于分异作用, 其岩性在空间分布上形成 3 个相带, 其中中细粒似斑状黑云母花岗岩在地貌上表现高山陡峭的地貌, 分布着现代冰川。

1.3 构造与地震

研究区域在构造上位于 2 个 N 级构造单元的结合部位, (即松潘) 甘孜褶皱系巴颜喀拉印支冒地槽褶皱带的雅江复向斜带和丹巴) 里伍复背斜带与扬子准地台康滇地轴的泸定) 米易台拱结合部位, 区域上严格受甘孜) 理塘断裂带、鲜水河断裂带控制, 区域构造总体呈南北向展布。

灾害附近地震活动频繁。鲜水河断裂带是四川省重要的地震发震带, 该断裂带公元前 26 年至 1997 年间发生 7 级以上地震 8 次, 6~ 6.9 级地震 12 次。通过对 1955 年 4 月 4 日康定县折多塘 7.5 级地震烈度分析, 该区域的地震烈度达到 X) 0, 故地震对该区域的影响非常明显。地热活动是挽近构造运动的表现之一, 温泉在地表呈成群带状出露, 是区域内重要地热资源和旅游资源。

1.4 气象

按照地理纬度和所处的海陆位置而言, 贡嘎山地区处于亚热带范围, 属于亚热带季风气候; 但是由于青藏高原的隆起, 改变了大气环流, 形成一个独特的气候类型, 属于大陆性季风高原型气候。

该区域主要受东南季风和来自四川盆地的暖湿气流的影响, 具有亚热带季风气候色彩。总的特点是: 温度的年较差大、日较差小, 雨量充沛, 湿度较大, 云雾多、日照少, 风小, 全年多南风 and 东南风。区域内地形高差大, 受地形影响, 不同海拔高度带的气候还呈规律变化, 基本趋势为: 气温随海拔升高而逐渐降低; 降雨量随海拔升高呈先升高后降低趋势, 在 3000 m 和 5000 m 左右出现 2 个降雨峰值带。表 1 给出了区域内及附近站点的气象要素。

表 1 研究区气象要素

站名	海拔/ m	年均温/ e	年降雨量/ mm	资料来源
泸定	1321	15.5	638.8	气象站 1960) 1979 年
磨西	1600)	994.1	水文站 1960) 1979 年

(2) 奥陶系。分布于黄草山岩体北北东向接触部位, 规模小, 主要为一套海相碎屑岩) 碳酸盐岩, 区域内缺失部分地层。

(3) 志留系和泥盆系。分布范围同奥陶系一致, 规模小, 分别与下伏的地层呈假整合接触, 区域内出露不全。

(4) 二叠系。大面积分布于区域西部, 受变质作用、构造作用影响, 该地层变质程度较深, 岩相复杂, 因而根据岩石特征、构造关系划分下统和上统。在中部沟谷段大面积出露上统地层, 下部为一套绿片岩间夹黑色板岩、片岩、大理岩, 上部为一套石英岩、云母石英片岩、石榴石云母片岩夹条带大理岩, 厚度 290 ~ 863 m, 与下伏地层呈不整合接触。

(5) 第四系。分布于河谷地带及缓坡地带, 多呈带状分布。按时代分为更新统、全新统; 按成因类型分为冰碛、冲洪积、残坡积等。其中磨西一带的阶地由典型的第四系地层构成, 其上分布有大约 6 级长条形冰舌地形和泥石流堆积地形。

岩浆岩在区域内大面积分布。地质历史上岩浆活动强烈, 从前震旦纪到燕山期均有岩浆活动, 侵入

2 0811 泥石流灾害损失状况

2.1 农业损失情况

景区受灾户数 522 户, 6 341 人, 受灾耕地面积 2 020 hm², 其中土地全毁 1 301.5 hm², 粮食绝产 718.5 hm²; 粮食损失 1 414 t; 受灾林地面积 1 313.8 hm²; 损毁经济林木 8 401 株; 冲毁房屋 37 户 249 间, 水淹房屋 111 间; 牲畜死亡 634 头; 冲毁农用车 8 辆; 其它财产损失 83.3 万元。直接经济损失 6 549.58 万元。

2.2 基础设施受损情况

(1) 道路。猫子坪至磨西段冲毁(断)公路 5 处, 长 960 m; 磨榆公路冲毁 7 450 m, 泥石流掩埋公路 1 500 m, 南门关 30 m 跨公路桥被冲毁; 景区内道路路基边坡垮塌 9 处, 公路塌方 38 处, 公路桥梁损毁 4 座, 其中: 青杠坪跨 40 m 钢架战备桥和南门关桥全部被冲毁, 其余桥基础受损。

(2) 供水设施。磨西自来水厂 3 条跨河水管被毁, 总长 5 600 m, 冲毁蓄水池 6 个; 磨西人民医院供水管道冲毁 1 800 m, 蓄水池 2 个; 新兴乡冲毁自来水管 5 028 m。

(3) 电站及输电线路。冲毁和损坏电站 11 座, 其中营运电站 8 座, 总装机 29 100 kW; 在建电站 3 座, 总装机 60 000 kW。

输电线路: 35 kV 输电线路损毁 1 500 m, 10 kV 输电线路损毁 8 500 m, 损坏铁塔 1 座, 高压电杆 78 根, 低压电杆 215 根。

(4) 农灌堰及人畜引水。磨西大堰及人畜引水渠被毁 6 258 m, 蓄水池 7 个。

(5) 村组桥梁。冲毁大小桥 18 座, 其中水泥桥 4 座, 人行吊桥 7 座, 机耕道便桥 6 座, 木架桥 1 座, 以上基础设施损坏造成直接损失 1.04 @ 10⁸ 元。

0811 特大泥石流灾害, 给海螺沟风景区造成直接经济损失总计为 1.70 @ 10⁸ 元。

3 灾害考察与形成原因

泥石流灾害的形成是由地形条件、地质条件、水文气象条件等诸因素综合决定, 如果又有不合理的人类活动将激发并增大灾害的危害^{[1] 21}。0811 泥石流灾害的形成不是偶然, 也同样遵循这样的规律。通过灾害的考察, 分析灾害成因, 可为今后的防治工作提供数据。

3.1 灾害考察

本次灾害应急考察组于 8 月 16) 17 日 2 d 对南门关沟、母猪龙沟、燕子沟、高家坪沟、雅家埂河等泥

石流, 和磨西台地侧的青冈坪、贡都大桥及大渡河汇口进行了初步考察。

(1) 南门关沟。该次为典型的泥石流灾害, 最先暴发于 11 日晚上 8:00 左右, 比雅家埂河泥石流稍晚一些。从沟口泥石流淤埋、堆积物来看, 最大洪峰时的容重在 1.6 t/m³ 左右; 沟口堆积物的级配呈双峰型, 主要是细砂和砾石, 大量的巨石横在堆积扇上, 其中测量到最大的一块是花岗岩, 其体积为 10.8 m @ 6 m @ 4.5 m, 约 787 t。据当地老乡介绍, 这些巨石均是泥石流由上游冲下。在第一阵泥石流过后, 横跨在沟上的南门关桥的桥面就被泥石流冲走。据考察测量, 桥面向下位移了约 500 m。初步测量南门关桥上游约 150 m 处断面, 总宽 70 m, 泥石流主沟宽约 30 m, 泥石流流深约 8 m; 按照 6% 的沟床比降, 根据云南蒋家沟泥石流观测站的观测估算泥石流流速约 8 m/s, 得出泥石流最大洪峰流量大约为 1 920 m³/s。南门关沟泥石流情况见附图 2。

由于该流域上游分布有大片的原始森林, 山体崩塌携带大量的巨木参与泥石流的活动, 沟内长约 3 m, 口径 0.5~1 m 的巨木多见。

(2) 母猪龙沟。该沟位于南门关沟下游约 500 m, 于南门关沟位于主河的另一侧。该沟是典型的黏性泥石流沟, 容重约 2.0 t/m³。泥石流淤埋了大约 0.67 hm² 农田和 150 m 长的公路。堆积物中沙占多数, 其中巨石和大树分布其中, 部分树木腐烂发出腐臭味。从沟口往上游, 沟内的崩滑随处可见, 主沟及支沟侵蚀严重。

此次泥石流堆积体体积约 9.00 @ 10⁴ m³。据老乡反映, 该沟于 1996 年曾暴发过一次泥石流, 形成了左侧的堆积扇。按照堆积量分析, 1996 年泥石流的规模约 1.20 @ 10⁵ m³, 略大于此次泥石流规模。

(3) 燕子沟。该沟是磨西河的最大支沟。在出山口处从上至下有 3 级阶地, 此次泥石流没有溢上最下一级阶地。泥石流冲毁了沟口的索桥。

该沟泥石流顺沟而下, 冲毁了进入海螺沟景区的青冈坪大桥, 将桥面混凝土推移到下游 3 km 处的龙尾(海螺沟与燕子沟的汇口)。通过对磨子沟汇口上游断面的估算, 宽度约 45 m, 泥石流洪痕深度 2.50 m, 流速约 6 m/s, 由此可估算出最大泥石流的流量约 675 m³/s。

(4) 雅家埂河。该河段是该次灾害的集中地段, 被毁的电站、淤埋的农田和冲毁的公路等都主要集中在该河段。

根据老乡反映, 该次泥石流灾害首先暴发的是雅家埂河的南门关汇口上游段。在上游泥石流和南门

关沟泥石流的作用下,在南门关沟汇口下游的雅家埂河内河道发生了剧烈的变化。

在暴发泥石流之前,该段河道宽度约 150 m,泥石流将河道拓宽了约 100 m;受泥石流淤积的影响,该段河道中部淤高了约 10 m。以前在本段河上有一座长 4 m 的便桥,已被泥石流摧毁。泥石流掩埋了河道两侧的大片农田。

雅家埂河流过磨西台地段,造成了严重的危害,主要表现:冲毁淤埋电站,冲毁路基导致公路断道,及掏蚀台地的边坡导致大量土方崩塌参与泥石流活动,而威胁磨西台地的安全,使宝贵的土地资源减小。附图 3 就是这些危害的表现。根据贡都大桥的泥痕估算泥石流的最大流量约 $2\ 600\text{ m}^3/\text{s}$ 。

燕子沟和雅家埂河的泥石流汇合后,形成更大规模的泥石流,受下游峡口的影响,淤埋了位于汇口处的电站(见附图 4)。

(5) 磨西河的大渡河汇口。受上游支沟泥石流的作用,汇合后磨西河也形成了特大规模泥石流。泥石流进入大渡河后,形成了巨大的堆积扇,于 11 日晚 21:00 左右曾一度堵断了大渡河,使大渡河的河水向

上回淤至彩虹桥,回淤长度约 3 km,并淤埋了两岸的大片农田。

根据附近老乡描述,此次磨西河泥石流堵断大渡河的持续时间大约为 10~20 min。大渡河水溃决后,冲毁了下游 2 km 处的沿江公路。在大渡河水的冲刷下,泥石流堆积物向下游移动,形成了长约 1 500 m 的石垄(见附图 5),上大下小。在堆积扇上随处可见漂木。

3.2 成因分析

据当地老乡描述,磨西河降雨的先后顺序及暴雨来临时间顺序为:雅家埂河 y 南门关沟 y 燕子沟 y 磨子沟 y 磨西台地,而且支沟泥石流暴发的顺序也与上述顺序一致,表明这次泥石流灾害主要由暴雨激发。

由于研究区域的地形高差大,不同高度带的降雨强度差异较大,但该区域目前还缺乏各地带分布的全面降雨监测系统,无法严格分析降雨对泥石流的激发作用。这里参考中国科学院成都山地灾害与环境研究所的贡嘎山高山生态观测研究站的新兴乡站和磨西站的降雨数据,表 2 是这 2 个站的 2005 年 8 月泥石流灾害暴发前后的降雨数据。

表 2 新兴乡站和磨西站降雨数据

日期	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
新兴乡站	18.3	0.3	11.4	7.7	5.2	0.5	8.1	53.3	8.1	1.1
磨西站	40.3	0.9	12.7	9.8	6.8	0.2	5.7	44.2	14.6	1.8

通过对降雨量的分析,制作了降雨量曲线图,见图 2。图 2 表明:此次泥石流主要贡献的 8 月 10) 14 日降雨过程,新兴乡站比磨西站的暴雨时间提前,由于新兴乡站的海拔(2 000 m)比磨西站(1 600 m)高 400 m,暴雨强度也高了 20%,由此推算在暴雨中心的 3 000 m 带上在 12 日的暴雨可能达到 88 mm,甚至超过这一值。

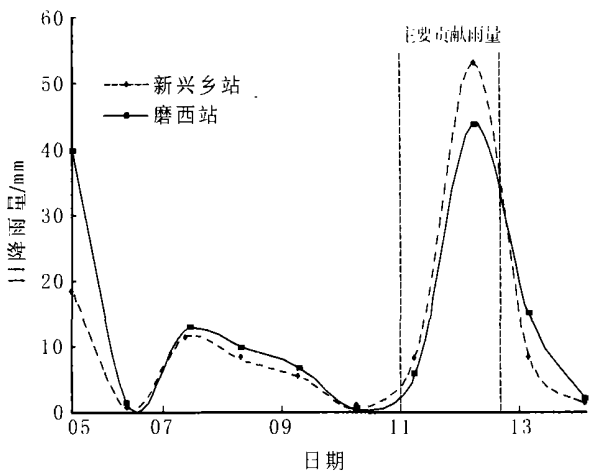


图 2 降雨量曲线

在燕子沟和磨子沟上游还分布有大面积的现代冰川,降雨有利于冰川融化和冰滑坡的形成,为泥石流的形成提供更丰富的水量。由于缺乏详细的温度数据,目前无法分析冰川对此次泥石流的贡献。但由于在夜间,参考历史冰川融水泥石流的资料,冰川融水对此次泥石流的贡献是次要的。

该区域的地质环境脆弱,新构造运动活跃,地震活动频繁,断层分布密集,处于高山地区的寒冻风化严重,这些为泥石流形成的松散固体物质来源提供了良好条件。第四系的松散地层,如沟道内堆积大量的冰碛、坡积物、老泥石流堆积和冲洪积物等,都是松散固体物质的主要来源。

综上所述,该次泥石流主要是在强暴雨激发下形成的,可能有冰川融水参与的暴雨型泥石流,丰富的松散固体物质来源为泥石流的形成提供了良好条件。

4 历史泥石流灾害及发展趋势分析

在历史上,海螺沟风景区内的支沟泥石流活动频繁,在近 50 a 内曾经暴发过泥石流灾害的支沟包括:南门关沟、燕子沟、黄崩溜沟、热水沟等。

黄崩溜沟于 1976 年 8 月暴发了一场中等规模偏大的泥石流,虽然有原始森林的阻挡,泥石流还是摧毁了大片森林,并在沟中筑起一道长堤,将主沟迫到扇型地的西侧;1989 年 7 月 26 日,又暴发了一场中等规模偏小的泥石流灾害,严重威胁中国科学院成都山地所的 3 000 m 气象站和旅游三号营地。在 1989 年 7 月 26 日暴发泥石流后的 14 a 里,沟床和谷坡累积了众多松散固体物质,加之沟床陡峻,位势条件十分优越,为泥石流发生提供了良好条件。2003 年 7 月 26 日前数日,流域所在区域连续多日降中小雨,当天 1 h 降雨量达 27.1 mm,6 h(一场)降雨量为 40.7 mm,导致泥石流再次暴发。唯因后续雨洪不继,泥石流中固体物质被沟床折冲消能,堆积在气象站蓄水池上游。该次泥石流对索道站造成巨大的经济损失。

燕子沟于 1989 年 7 月 26 日 16B00,暴发了特大规模泥石流灾害,泥石流冲毁了沟上的共和大桥,并堵断大渡河,后续泥石流和洪水不断涌至,迫使大渡河水流从左侧泄洪,致使泸定)石棉公路的路基因洪水强烈冲刷而坍塌约 820 m,造成经济损失 200 余万元(当时价格)。

热水沟于 1988 年 7 月 1 日和 1989 年 7 月 26 日 2 次暴发泥石流灾害,使海螺沟冰川公园的旅游二号营地遭受严重损失,直接经济损失超过 20 万元(当时价格)。泥石流严重威胁宝贵的温泉资源的安全。

从时间上看,该区域的泥石流灾害多数具有群发性,相互关联,如 1955 年,1989 年等流域内许多支沟同时暴发泥石流灾害,此次也是多条支沟同时暴发了泥石流灾害。按照程根伟等对该区域泥石流暴发时间的准周期分析^[3],该流域的泥石流存在一个 15 a 左右的准周期,即每间隔 15 a 左右会出现一个 2~3 a 的泥石流暴发的高峰期。

目前,雨季还没有结束,此次没有暴发泥石流的磨子沟和海螺沟还存在暴发大规模泥石流的可能,应加强预警。

5 减灾对策

5.1 应急处理措施

调查期间雨季还没结束,需要加强监测,包括雨量监测和人工监测。雨量监测可以与中国科学院成都山地灾害与环境研究所的贡嘎山高山生态观测研究站相结合,充分利用其技术优势,先建立一套简易的降雨监测系统,在不同海拔高度布设监测点。人工监测,抽选不同乡、村人员,进行简单培训,使其具有灾害临灾识别的基础知识,在临灾前及时预测、发现灾害,为避灾获取宝贵时间。

除泥石流灾害外,在新兴乡上方的高家坪滑坡,也是目前潜在的灾害。建议通过简易滑坡位移观测法,对滑坡进行监测,一旦发现短时间内出现大位移情况,应及时撤离附近居民。

此次没有暴发泥石流的海螺沟和磨子沟仍存在暴发的危险,应加强预警工作,特别是索道站、三号营地、二号营地应作为监控的重点,制定临灾防护预案。

5.2 后期防治建议

海螺沟景区面积大,泥石流沟多,要在短期内完全治理是不现实的。目前全景区还没有一套完整的地质灾害防治规划,为了保证景区的安全和可持续发展,提出如下建议。

(1) 尽快完成景区地质灾害的详查,在此基础上进行危险性评估,为后期规划治理提供依据。(2) 尽快完成景区地质灾害防治规划,特别是泥石流防治规划,为了保证景区的可持续发展,灾害防治规划应与景区其它规划充分结合。(3) 从此次泥石流规模看,与九寨沟泥石流规模和治理经费比较,该区域的泥石流治理投资很大,需要多方筹措资金,保证治理工作的顺利进行;必须保证治理工程体系的科学性和完整性,否则不能充分发挥其减灾效益,甚至可能出现没减轻灾害,反而增大灾害的结局。(4) 磨西台地是景区发展的基础,建议尽快完成台地保护规划,可与灾害防治规划相结合。(5) 此次灾害中小电站受灾严重,但是从另一面看,小电站的厂房放置在沟道内,挤占行洪断面,阻碍了泥石流的直进,导致台地和路基的掏蚀,建议在电站的恢复和重建时和修建新电站时进行规划,保证泥石流的畅通。

最后,希望此次灾害得到社会各方的关注,大力支持灾后重建工作!

致谢:这次灾害考察中四川省政府防洪抗旱办、四川省旅游局、泸定县政府、泸定县国土局、海螺沟风景区管理局给予很大的帮助,中科院贡嘎山高山生态观测研究站提供了大量基础资料,特此感谢!

[参 考 文 献]

- [1] 唐邦兴主编. 山洪、泥石流、滑坡灾害及防治[M]. 北京: 科学出版社, 1994. 83) 100.
- [2] 谭万沛, 王成华, 姚令侃, 等. 暴雨泥石流滑坡的区域预测与预报[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1994. 149) 160.
- [3] 程根伟. 暴雨泥石流暴发的准周期性探讨[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(4): 49) 54.
- [4] 陈晓清, 韦方强, 崔鹏, 等. 云南新平 20020814 特大滑坡泥石流灾害及防治对策[J]. 山地学报, 2003, 21(5): 599) 604.