

贡嘎山东坡磨西河流域泥石流暴发的临界雨量值初探

倪化勇¹, 李宗亮¹, 巴仁基¹, 苏鹏程², 宋志¹

(1. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082 2. 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: 在实地调查和前人研究的基础上, 查明了贡嘎山东坡磨西河流域内泥石流沟的分布状况、暴发规律及危害特征等; 并根据近 20 年来流域内发生的典型泥石流灾害, 分析了泥石流发生前的降雨过程, 发现磨西河流域内泥石流发生的当日雨量和前 6 d 有效雨量之间具有明显的幂函数关系, 据此以泥石流发生的当日雨量和前 6 d 有效雨量为指标, 初步探讨了磨西河流域内泥石流暴发的雨量值。

关键词: 磨西河流域; 泥石流; 当日雨量; 前期有效雨量

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

磨西河位于贡嘎山东坡, 系大渡河的一级支流, 其上游当地称为雅家埂河, 雅家埂河同燕子沟交汇后方称磨西河。磨西河流域内分布有泸定县的磨西镇和新兴乡两个乡镇, 著名的海螺沟冰川森林公园即位于该流域内。由于复杂的地质环境条件和频繁的人类工程活动, 流域内泥石流沟分布广泛, 泥石流暴发频繁且规模较大, 对当地居民和游客的生命安全、旅游设施、生态环境、农田、电站、公路等构成巨大威胁, 严重影响到海螺沟风景区、磨西镇和新兴乡的经济的发展。

观测和资料统计表明, 降雨型泥石流的发生往往存在一个最低的临界雨量值, 因此, 基于临界雨量阈值的预测预报方法已成为降雨型泥石流研究的重要课题, 备受众多学者的关注。据现有文献资料, 降雨型泥石流预测预报中所采用的临界雨量指标不尽相同, 主要包括临界日雨量、临界小时雨量、临界 10 m in 雨量等^[1]; 同时众多研究表明, 前期降雨对泥石流发生的贡献也很大^[2-3], 因此, 越来越多的泥石流预测预报模型体现出前期降雨和临界降雨的共同作用, 称为多因子临界雨量组合判别模型, 主要包括 10 m in 雨强与前期雨量组合判别模型^[4]、最大 24 h

和最大 10 m in 及最大小时雨强组合判别模型^[5-6]、最大 10 m in 雨强或 1 h 雨强与总实效雨量组合判别模型^[7]、降雨强度与当日激发雨量和前期实效雨量组合判别模型^[8]、最大 10 m in 雨强与最大小时雨强组合判别模型^[11]、小时雨强与日雨量组合判别模型^[9]、日雨量比值与月雨量比值组合判别模型^[11]以及日雨量与前期总降雨量组合模式^[10]等, 这些模型对相应区域泥石流或单沟泥石流发生所需的雨量条件进行了探讨。

本文在查明磨西河流域南门关至海螺沟段泥石流沟的分布后, 对以往典型泥石流发生的降雨过程进行分析, 以泥石流发生的当日雨量和前期有效雨量为指标, 初步探讨了磨西河流域内泥石流暴发的雨量值, 以期为该流域(尤其是海螺沟风景区)泥石流灾害的防灾、减灾提供一定科学依据。

1 磨西河流域环境地质背景

磨西河流域位于四川省泸定县西南部, 其地理位置和范围如图 1 所示。磨西河流域属于中-高山地貌类型, 地势总体呈东西两侧和北面高、中部和东

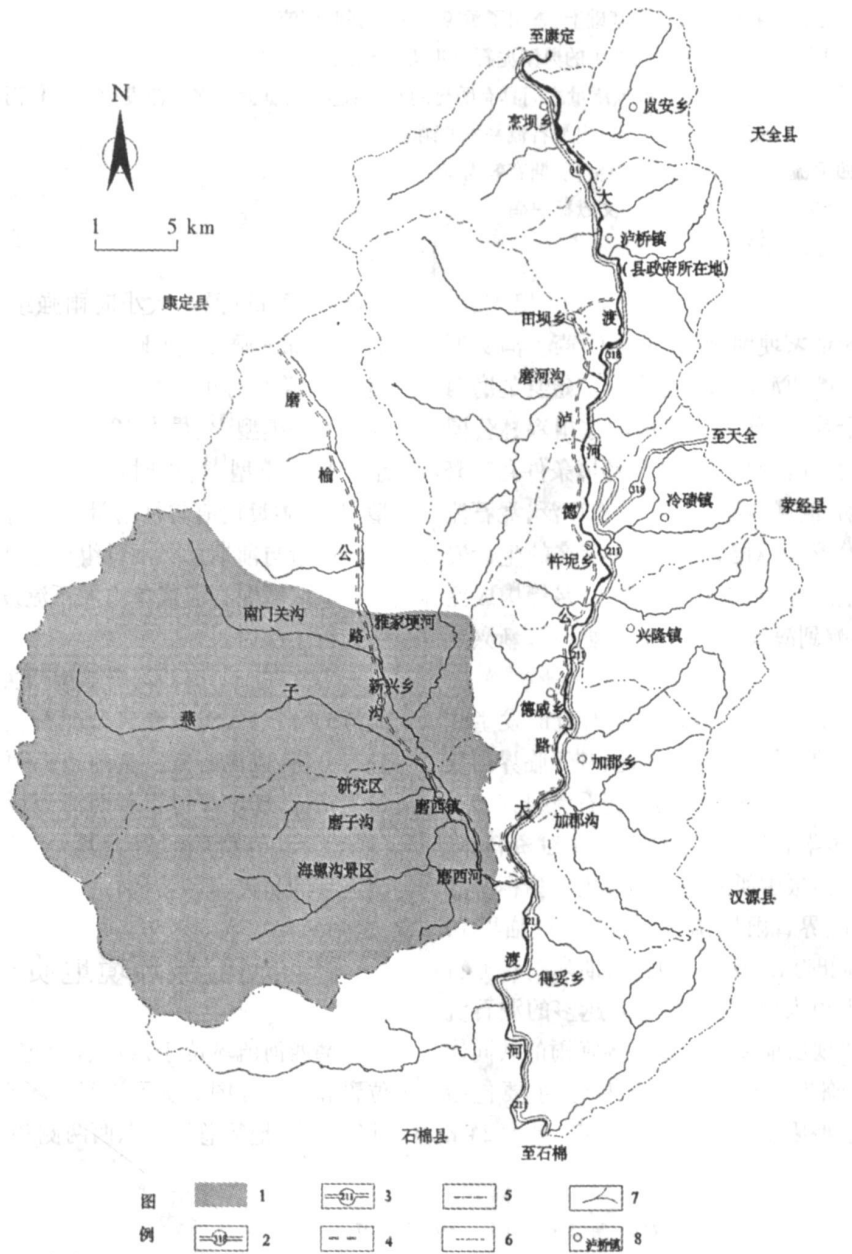
收稿日期 (Received date): 2006-07-11; 改回日期 (Accepted): 2007-10-07。

基金项目 (Foundation item): 中国地质调查局“四川泸定县地质灾害详细调查项目”(项目编号 1212010640503) 资助。[Supported by Item of Detailed Investigation of Geological Hazards in Luding County, Sichuan Province (No. 1212010640503)]

作者简介 (Biography): 倪化勇 (1979-), 男 (汉族), 硕士, 山东临朐人, 主要从事地质灾害预测预报、评价与灾害地貌的研究。[Ni Huayong (1979-), male, mainly engaged in forecast, assessment and geomorphology of geological hazards. E-mail: cdnhuayong@cgs.gov.cn]

南部低, 峡谷深切而陡峻, 高差一般 1 500~ 3 000 m; 流域内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, 岩性主要为花岗质混合岩、花岗闪长岩、大理岩夹千枚岩、石英云母片岩, 第四系崩坡积物、残坡积物和冲洪积物等; 该区处于鲜水河断裂带南延部分, 断裂活动性质为左旋走滑型, 属全新世活动断裂; 该区受地震影响较为严重, 据泸定县志记载, 泸定县外围 300 km 范围内自公元 1216年以来, 共记录 7.0~ 7.9 级地震 7 次; 6.0~ 6.9 级地震 21 次; 5.0~ 5.9 级地震 71 次。

就气候特征而言, 该区属大陆性季风高原型气候, 区内降雨充沛。根据中国科学院贡嘎山高山生态系统观测试验站 1 600 m 台地气象站 (1991- 07 ~ 2005- 12) 及 3 000 m 台地气象站 (1988- 01 ~ 2005- 10) 降水资料^[11], 计算出该流域降雨量特征值 (表 1)。统计分析表明, 该区降水季节差异性和垂直地带性差异明显, 降水主要集中在每年的 6~ 9 月并呈现出明显的降雨持续性特征, 且降水随着海拔的升高呈现出增加趋势。



1工作区范围, 2 G318国道, 3 S211省道, 4乡道, 5县界, 6乡界, 7河流, 8 (镇) 政府所在地

图 1 研究区地理位置示意图

Fig. 1. Location map of Moxi river

表 1 磨西河流域降雨量特征值 (单位: mm)

Table 1 Rain fall atMoxi river basin

气象站名	年最大 降雨量	年平均 降雨量	月平均 降雨量	月最大 降雨量	日最大 降雨量	日平均 降雨量
1 600 m 台地气象站	1 113. 6	897. 8	81. 4	300. 5	75. 3	2. 8
3 000 m 台地气象站	2 160. 0	1 941. 5	161. 8	438. 5	91. 0	5. 3

2 泥石流灾害及其分布

受地形地貌、地层岩性、地质构造、气象水文及人类活动等因素的共同影响,磨西河流域(南门关至海螺沟段)泥石流沟发育广泛。在实地考察和前人研究^[12]基础上,共查明磨西河流域南门关沟至海螺沟段典型泥石流沟 35 条(图 2)。从空间分布来

看,这些泥石流沟主要分布于磨西河中下游右岸,主要包括南门关沟、燕子沟、磨子沟、海螺沟和胜利沟及其支沟等;从威胁对象上来看,泥石流主要威胁流域内当地居民和外来游客的生命安全,景区公路、索道、酒店、温泉等旅游基础设施,自来水站、电站和输电线路等水利水电设施,农田和磨榆公路等财产安全,以及对原始森林等生态环境的破坏;从泥石流性质来看,流域内泥石流以稀性泥石流和水石流为主;

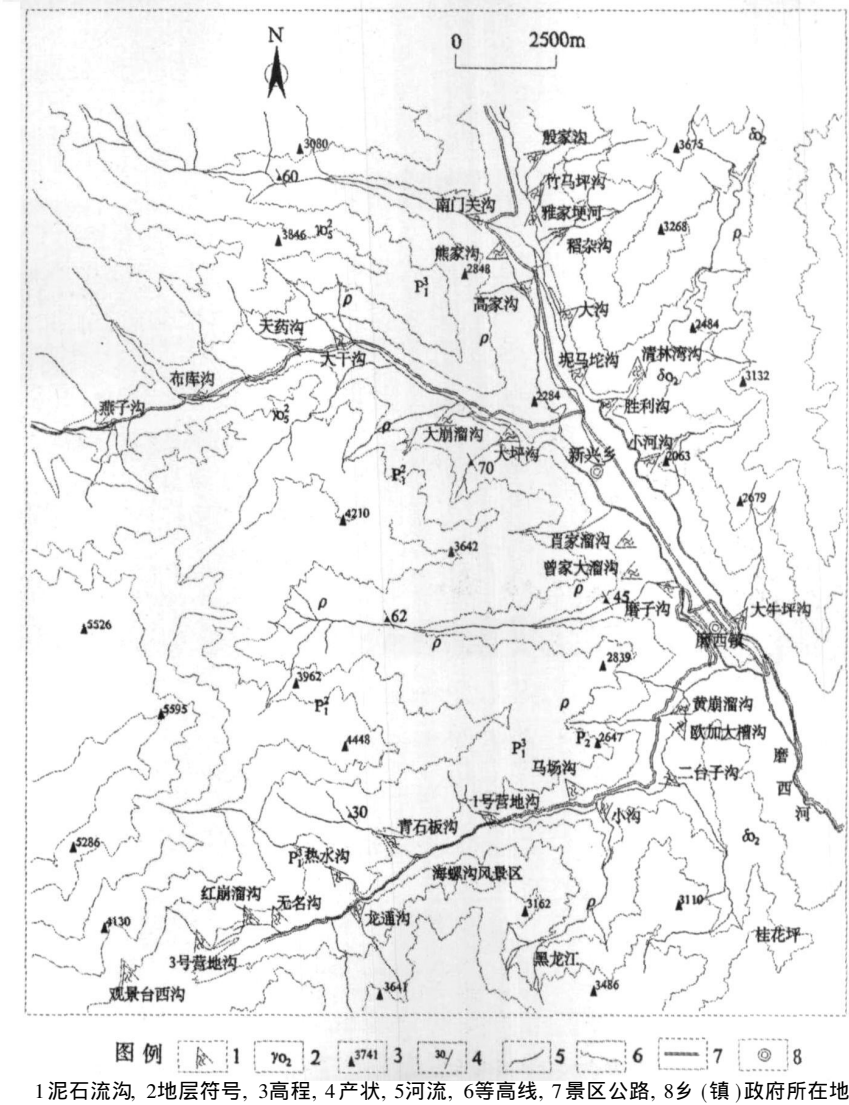


图 2 磨西河流域泥石流沟分布图

Fig 2 Distribution sketch of debris flow gullies along Moxi river

从暴发频率上来看,该流域内泥石流以中、低频泥石流为主,然而近年来流域内泥石流呈现出频发、高发和群发态势,经常冲毁村民房屋、农田、景区公路、磨榆公路和电站等,并造成大量游客滞留,带来巨大损失。如 2005-08-11 夜间至 12 日凌晨,该流域暴发大规模群发性泥石流灾害^[13],导致海螺沟景区公路完全中断,14 辆汽车被困景区,200 多名游客被滞留,并冲毁大量农田、数座桥梁和电站,堵断大渡河近 20 m in 溃决后冲毁 S211 省道(泸石公路),造成巨大损失,泥石流及其破坏场景见图 3。

3 暴发泥石流的临界雨量值

3.1 磨西河流域典型泥石流灾害史

通过对磨西河流域泥石流灾害详细调查、访问,并结合前人的研究成果^[12],发现近 20 年来该流域内典型泥石流灾害主要发生于 1989 年、1990 年、1995 年、2003 年和 2005 年,并且流域内泥石流的暴发呈现出明显的群发性特征。典型泥石流灾害暴发具体时间和暴发泥石流的沟谷见表 2。



图 3 2005-08-11 泥石流场景

Fig 3 2005-08-11 debris flow scene in Moxi river basin

表 2 磨西河流域典型泥石流灾害

Table 2 Typical debris flow occurrence events along Moxi river

泥石流暴发 时间	暴发泥石流 的沟谷	泥石流暴发 时间	暴发泥石流 的沟谷
1989-07-08	龙通沟、观景台西沟等	1995-08-11 至 08-12	黄崩溜沟、热水沟、龙通沟等
1989-07-26	黄崩溜沟、热水沟、青石板沟等	2003-07-26	黄崩溜沟等
1990-07-12	黄崩溜沟等	2005-08-04	南门关沟等
1995-07-28	黄崩溜沟、热水沟、青石板沟等	2005-08-11	燕子沟、南门关沟、磨子沟、熊家沟、胜利沟等

根据谭万沛对海螺沟风景区地质灾害的研究^[12], 该区 1988- 07- 01、1989- 07- 26 分别有海螺沟景区热水沟和桂花坪沟两条沟谷暴发泥石流, 然而通过对当时降雨过程的分析来看, 这两天当日降雨量和前期降雨量均较小, 当日降雨量分别为 22. 8 mm 和 14. 1 mm, 与其他 9 次泥石流发生时雨量差别较大, 笔者认为 1988- 07- 01 和 1989- 07- 26 发生泥石流的可能性较小, 灾害史调查的准确性需进一步核实, 故本文对这两次泥石流灾害案例没有采用。

3.2 降雨过程分析

根据中国科学院贡嘎山高山生态系统观测试验站 3 000 m 台地气象站 (1988- 01~ 2005- 10) 和 1 600 m 台地气象站 (1991- 07~ 2005- 07) 降水观测结果, 对磨西河流域典型泥石流灾害暴发的降雨过程进行了分析。考虑到时间越长, 降雨对泥石流的贡献减小, 结合流域内降雨连续性特征, 本文统计了泥石流暴发当日降雨量, 前 7 d 的日降雨量和累计降雨量 (表 3), 并分别绘制了泥石流发生时的当日

雨量和前期累积雨量关系曲线 (图 4 图 5)

统计发现, 1990- 07- 12 泥石流 (图 4 (a)) 暴发的前期降雨较小, 而其余泥石流都类似于 1989- 07- 26 泥石流的暴发情况 (图 4 (b)), 暴发前期均有明显的降雨过程。综合上述典型泥石流灾害事件来看, 磨西河流域泥石流的暴发呈现出前期降雨越小, 泥石流发生所需当日雨量越大的规律, 进一步比较发现, 该流域内泥石流往往发生在有一定前期降雨的积累而当日降雨量突然增大的那一天 (图 5), 说明磨西河流域泥石流的发生与前期雨量的积累密切相关。

3.3 前期有效雨量的确定

虽然前期降雨对泥石流的发生有重要影响, 但由于地表径流、水分蒸发等因素的影响, 使得前期降雨并不是全部对泥石流灾害的发生产生影响, 故采用“前期有效降雨量”的概念来表征前期降雨对泥石流发生的影响和贡献大小。“前期有效降雨量”是指灾害发生前的降雨过程中对斜坡岩土体稳定性及沟道内松散堆积体稳定性产生作用的雨量^[14]。

表 3 磨西河流域典型泥石流灾害日降雨资料 (单位: mm)

Table 3 Rainfall statistics when and before debris flows occurred along Moxi river

日期	前 7 d	前 6 d	前 5 d	前 4 d	前 3 d	前 2 d	前 1 d	当日
1989- 07- 08	2. 4	1. 6	11. 5	2. 7	2. 7	1. 9	5. 8	57. 6
1989- 07- 26	21. 4	0. 2	0. 0	17. 8	20. 4	7. 8	4. 7	42. 8
1990- 07- 12	0. 5	1. 7	2. 5	0. 0	5. 4	0. 4	0. 1	64. 5
1995- 07- 28	0. 0	32. 2	0. 7	15. 7	1. 3	0. 0	0. 2	31. 6
1995- 08- 11	4. 7	14. 5	37. 3	0. 0	0. 0	0. 0	22. 6	44. 7
2003- 07- 26	29. 5	11. 2	0. 0	0. 0	7. 9	4. 4	20. 5	41. 8
2005- 08- 4	18. 9	11. 4	4. 1	24. 3	6. 3	16. 1	23. 9	30. 7
2005- 08- 11*	18. 3	0. 3	11. 4	7. 7	5. 2	0. 5	8. 1	53. 3
2005- 08- 11*	40. 3	0. 9	12. 7	9. 8	6. 8	0. 2	5. 7	44. 2

* 泥石流降雨资料, 据文献 [13]; 其他降雨资料来自中国科学院贡嘎山高山生态系统观测试验站 3 000 m 台地气象站观测资料^[11]。

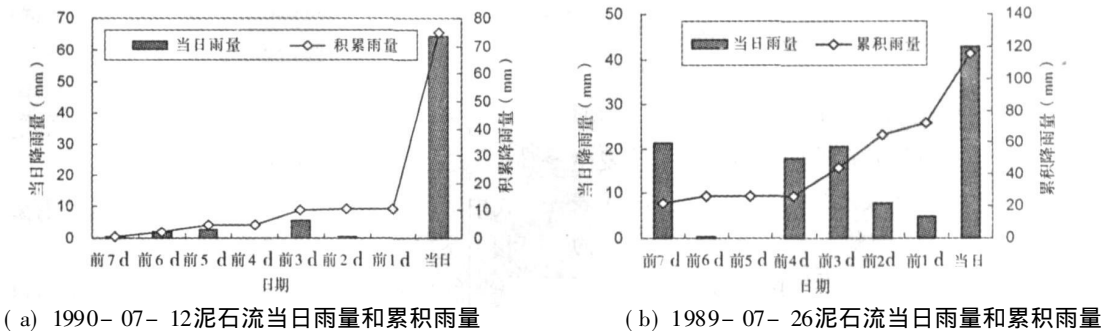


图 4 泥石流当日雨量和累积雨量

Fig 4 Intraday and accumulative rainfall of debris flow events

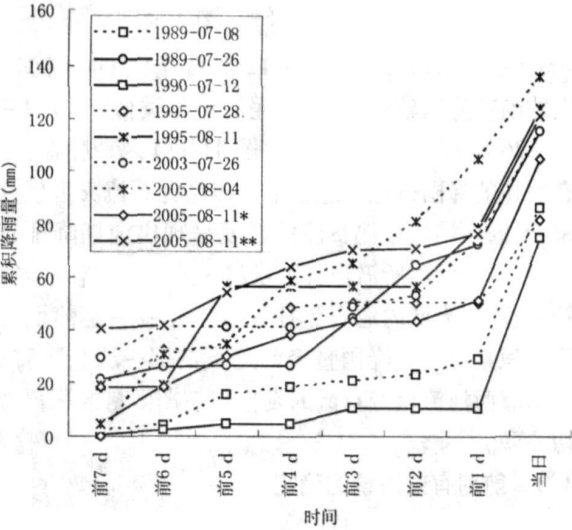


图 5 磨西河流域典型泥石流累积降雨曲线

Fig 5 Accumulative curve of rainfall before debris flows occurred along Moxi river

距离泥石流灾害发生时刻越久的降雨对其发生产生作用一般越小,反之,距离泥石流灾害发生时刻越近的降雨对其发生产生作用一般越大。因此,前期有效雨量的确定需要首先确定降水对泥石流影响的衰减系数 K 。有效降雨量衰减系数 K 表示岩土体对雨水滞留能力大小,它由区域内岩土体总体性质和降水蒸发量等因素决定,根据文献 [14],目前 K 值一般取 0.84 据此建立磨西河流域泥石流灾害发生的前期有效雨量的确定模式

$$R_a = \sum_{i=1}^n R_i (K)^i \tag{1}$$

式中 R_a 为泥石流发生前 n 天内的有效降雨量 (mm); K 为递减系数,取为 0.84 $i=1,2,\dots,n$; R_i 为泥石流发生前 i 天降雨量 (mm)。

根据磨西河流域泥石流暴发情况和相应降雨特征,分别统计并据上式计算了该流域典型泥石流灾害发生前 3~7 d 的有效降雨量 (表 4)。

3.4 前期有效雨量和当日降雨量的关系

根据上述前 3 d 至前 7 d 有效雨量的计算结果,将前期有效降雨量作为自变量,当日雨量作为因变量,分别进行回归分析,发现磨西河流域泥石流发生的当日雨量和前 6 d 有效雨量之间相关性最强 (表 5),说明泥石流的发生与前 6 d 有效雨量关系最为密切,据此以泥石流发生的当日雨量和前 6 d 有效雨量为指标,拟合两者之间的关系曲线 (图 6),探讨磨西河流域泥石流发生的临界雨量值。

通过回归分析,得出磨西河流域泥石流灾害发

表 4 磨西河流域典型泥石流灾害发生的前期有效雨量 (单位: mm)

日期	前 7 d	前 6 d	前 5 d	前 4 d	前 3 d
1989-07-08	15.2	19.5	19.1	13.8	9.0
1989-07-26	36.8	30.5	30.4	30.4	21.5
1990-07-12	5.4	5.2	4.6	3.6	3.6
1995-07-28	20.4	20.4	9.0	8.8	0.9
1995-08-11	41.1	39.7	34.6	19.0	19.0
2003-07-26	37.6	28.9	25.0	25.0	25.0
2005-08-04	58.6	53.0	49.0	47.3	35.2
2005-08-11*	24.3	18.9	18.8	14.1	10.2
2005-08-11*	31.4	14.5	14.0	9.2	7.8

* 泥石流降雨资料,据文献 [13]; 其他降雨资料来自中国科学院贡嘎山高山生态系统观测试验站 3 000 m 台地气象站观测资料 [11]。

表 5 磨西河流域泥石流发生当日雨量和前期有效雨量相关性比较

日期	前 7 d	前 6 d	前 5 d	前 4 d	前 3 d
相关系数	0.70	0.74	0.51	0.63	0.08
排序	2	1	4	3	5

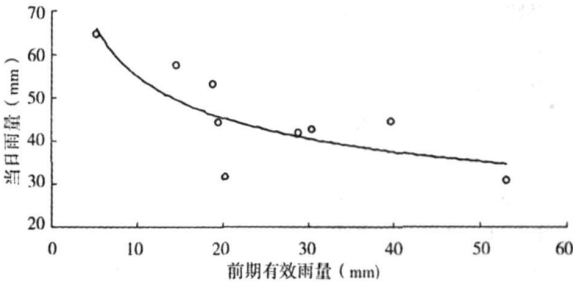


图 6 磨西河流域泥石流发生当日雨量和前 6 d 有效雨量的关系曲线

Fig 6 Fitting curve between intraday rainfall and 6-day accumulative rainfall before debris flows occurred

生的当日雨量和前 6 d 有效雨量之间关系式为

$$P_0 = 104.29 P_a^{-0.2772} \tag{2}$$

式中 P_0 , P_a 分别为当日雨量和前 6 d 有效雨量,相关系数 $R=0.74$

经显著性检验,该关系在 95% 置信区间内,显著性概率为 0.021,明显小于 5%,说明该关系的得出通过检验而具有意义。因此,可以利用该关系对磨西河流域 (尤其是海螺沟风景区) 泥石流灾害发

生所需的雨量条件进行分析,例如当磨西河流域前 6 d 有效雨量达到 35.3 mm 时,当日雨量需在 50 mm 左右(暴雨水平)可能激发泥石流,而前 6 d 有效雨量达到 42.7 mm 时,当日雨量在 25 mm 左右(大雨水平)就有可能激发泥石流,其他类推,即如果前期有效雨量和当日降雨过程处在该回归线附近及其以上时,发生泥石流的可能性很大,应该作出泥石流灾害预警报,提高警惕,启动应急预案,加强对泥石流沟沟道内崩滑体的变形情况和洪水位变化情况的监测。

4 结论和建议

1. 在实地调查和前人研究的基础上,查明磨西河流域(南门关沟至海螺沟段)威胁到当地居民、游客、农田、景区公路和索道等旅游基础设施、电站等电力设施和自来水等水利设施及其他通讯设施的典型泥石流沟 35 条。

2. 对近 20 a 来磨西河流域(尤其是海螺沟景区)典型泥石流发生的降雨过程进行了分析,采用回归分析的方法探讨了泥石流发生当日雨量和前期有效降雨量的关系,发现磨西河流域泥石流发生的当日雨量与前 6 d 有效雨量之间关系最为密切并呈现出幂函数关系。

3. 建立了磨西河流域泥石流发生当日雨量与前 6 d 有效雨量之间的定量关系式,并以当日雨量与前 6 d 有效雨量为指标,探讨了磨西河流域泥石流发生的雨量条件,当前 6 d 有效雨量达到 35.3 mm 时,当日雨量需在 50 mm 左右(暴雨水平)可能激发泥石流,而前 6 d 有效雨量达到 42.7 mm 时,当日雨量在 25 mm 左右(大雨水平)就有可能激发泥石流。

4. 本文仅仅以当日雨量与前 6 d 有效雨量为指标对磨西河流域泥石流发生所需的雨量条件进行了初步探讨,关于雨强对流域内泥石流的影响以及泥石流发生所需的雨强条件有待于进一步探讨;同时,由于磨西河流域内分布有冰川,可为泥石流的发生提供水源,因此,流域内气温的变化及冰川提供的水源为泥石流发生所作的贡献大小也需要进一步探讨。

致谢:野外考察得到了泸定县国土局和海螺沟景区管理局的支持,参加野外考察的还有成都地质矿产研究所的唐业旗、刘宇杰,在此一并谢意。

参考文献 (References)

- [1] Tan Wanpei, Wang Chenghua, Yao Lingkan, et al. Regional Forecast and Prediction of Rainstorm Debris Flows and Landslides Taking the Region West of Panzhihua for an Example[M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 1994 [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——以攀西地区为例[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1994]
- [2] Cui Peng, Yang Kun, Chen Jie. Relationship between occurrence of debris flow and antecedent precipitation Taking the Jiangjia gully as an example[J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2003, 1(1): 11~15 [崔鹏, 杨坤, 陈杰. 前期降雨对泥石流形成的贡献——以蒋家沟泥石流形成为例[J]. 中国水土保持科学, 2003, 1(1): 11~15]
- [3] Wei Fangqiang, Hu Kaiheng, Chen Jie. Determination of effective antecedent rainfall for debris flow forecast[J]. *Journal of Mountain Science*, 2005, 23(4): 453~457 [韦方强, 胡凯衡, 陈杰. 泥石流预报中前期有效雨量的确定[J]. 山地学报, 2005, 23(4): 453~457]
- [4] Chen Jingwu. Study on debris flow forecast in Jiangjia gully[A]. In: Wu Jishan, Kang Zhideng, Tian Lianquan, et al. Observation and Research on Debris Flows in Jiangjia Gully in Yunnan[C]. Beijing: Science Press, 1990: 197~213 [陈景武. 蒋家沟暴雨泥石流预报[A]. 见: 吴积善, 康志成, 田连权, 等. 云南蒋家沟泥石流观测研究[C]. 北京: 科学出版社, 1990: 197~213]
- [5] Tan Bingyan. Results of study on the prediction of rainstorm debris flow along mountain railways[J]. *China Railway Science*, 1994, 15(4): 67~78 [谭炳炎. 山区铁路沿线暴雨泥石流预报的研究[J]. 中国铁道科学, 1994, 15(4): 67~78]
- [6] Tan Bingyan, Duan Aiyong. Results of study on the prediction of rainstorm debris flow along mountain railways[J]. *Journal of Natural Disasters*, 1995, 4(2): 43~52 [谭炳炎, 段爱英. 山区铁路沿线暴雨泥石流预报的研究[J]. 自然灾害学报, 1995, 4(2): 43~52]
- [7] Tan Wanpei. Distribution character of critical rainfall line for debris flow gully[J]. *Bulletin of Water and Soil Conservation*, 1989, 9(6): 21~26 [谭万沛. 泥石流沟的临界雨量线分布特征[J]. 水土保持通报, 1989, 9(6): 21~26]
- [8] Wen Kejun, Wang Lixian, Xie Baoyuan, et al. Real time forecast of storm caused debris flow[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 1998, 20(6): 59~64 [文科军, 王礼先, 谢宝元, 等. 暴雨泥石流实时预报的研究[J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(6): 59~64]
- [9] Tan Wanpei, Luo Xiaomei, Wang Chenghua. Forecast models of rainstorm debris flow[J]. *Journal of Natural Disasters*, 2000, 9(3): 107~111 [谭万沛, 罗晓梅, 王成华. 暴雨泥石流预报模式[J]. 自然灾害学报, 2000, 9(3): 107~111]
- [10] Su Pengcheng, Li Xilin, Guo Jie. Primary analysis of relationship between debris flows and rainfalls in Sichuan province[J]. *Journal of Natural Disasters*, 2006, 15(4): 19~23 [苏鹏程, 刘希林, 郭洁. 四川泥石流灾害与降雨关系的初步探讨[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(4): 19~23]
- [11] <http://www.mountain.sdb.cn/envim/gcsh1ser.htm>

- [12] Tan Wanpei The influence of geological hazards on tourism in Hailuoguo scenic spot and their control measures[J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 1996, 7(2): 81~85[谭万沛. 海螺沟风景区地质灾害对旅游的影响及防治对策[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1996, 7(2): 81~85]
- [13] Chen Xiaoqing, Cui Peng, Chen Binu, *et al.* 050811 Large-scale debris flow in Hailuo valley and prevention countermeasures[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2006, 26(3): 122~126

- [陈晓清, 崔鹏, 陈斌如, 等. 海螺沟风景区 050811特大泥石流灾害及减灾对策[J]. 水土保持学报, 2006, 26(3): 122~126]
- [14] Cong Weiqing, Pan Maq, Li Tiefeng, *et al.* Quantitative analysis of critical rainfall-triggered debris flows[J]. *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering*, 2006, 25(suppl): 2808~2812[丛威清, 潘懋, 李铁锋, 等. 降雨型泥石流临界雨量定量分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(增1): 2808~2812]

Preliminary Study on the Critical Rainfall Condition of Debris Flows along Moxi River in the East Slopes of the Mount Gongga

NI Huayong¹, LI Zongliang¹, BA Renji¹, SU Pengcheng², SONG Zhi¹

(1. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, China;

2. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041, China)

Abstract On the basis of field investigation and former researches, 35 typical debris flow gullies were found out which threaten the local residents, visitors, farmlands, electric power stations, water resource facilities, roads, cableways and other tourism equipments along Moxi river, Sichuan province, Southwest China. The debris flows mainly occurred in the following years including 1989, 1990, 1995, 2003 and 2005 and furthermore the occurrence of debris flows is obviously associated with rainfall. Then according to the typical debris flow occurrence events during the passed 20 years, corresponding rainfall process were analyzed and relationship between antecedent effective rainfall and the 24 h rainfall was discussed. It was found that the 24 h rainfall when debris flows occurred was associated obviously with the antecedent effective rainfall accumulated for 6 days before debris flows occurred and their quantitative equation was established. Based on this relationship, the critical rainfall condition was discussed in this paper. This research is of certain theoretical and actual significance for the prediction and mitigation on debris flow disasters.

Key words Moxi river, debris flow, intraday rainfall, antecedent effective rainfall