

怒江云南段高山峡谷区泥石流堵河危险研究

杨顺¹⁾, 余涛²⁾, 张勇²⁾, 刘建康¹⁾

1) 西华大学/日本应急管理研究中心, 成都, 610039;

2) 中国地质科学院探矿工艺研究所/中国地质灾害防治技术中心, 成都, 611734

关键词: 怒江; 高山峡谷区; 泥石流; 堵河

怒江流域云南段山高谷深, 地质条件复杂, 泥石流多发频发, 常形成堵河事件, 严重威胁区内人民生命财产安全。针对怒江云南段泥石流堵河现象, 通过理论分析、数值模拟及野外验证, 探讨怒江泥石流堵河类型及泥石流堵河危险性评价。怒江云南段泥石流堵河以部分堵塞类型为主, 泥石流主沟两侧为高危险区, 建议重点防护或安全避让。

1 怒江云南段泥石流

怒江位于欧亚板块与印度板块强烈碰撞挤压带上, 流经横断山脉, 是我国西南地区乃至东南亚地区具有重要影响的国际河流(赵志祥等, 2010)。由于区域地质构造运动强烈, 怒江流域岩体较为破碎, 全新世以来的地壳持续抬升导致河流强烈下切, 形成深切 V 型河谷, 加之区内双雨季降雨时空分布不均, 近年来局地暴雨和点暴雨等极端天气事件频发, 易于发生崩塌、滑坡和泥石流等地质灾害。

怒江云南段泥石流分布呈带状, 集中展布在怒江州贡山县至六库镇 300 km 沿江两岸长约 30 km、宽约 10~15 km 的范围内(唐川, 2005)。据 2014 年地质灾害调查统计, 怒江沿线泥石流沟分布达 395 处, 其中, 巨型 4 条、占总数的 1.01%, 大型 28 条、占总数的 7.09%, 中型 179 条、占总数的 45.32%, 小型泥石流 184 条、占总数的 46.58%(图 1)。

对 1988~2017 年间近 30 年怒江流域泥石流灾害频次统计分析, 表明怒江高山峡谷区泥石流灾害总体呈现增长的趋势, 并具有一定的周期性特征, 其中 2004~2006、2009~2012、2014~2016 年间泥石流暴发频率较高, 且有持续增加的可能(图 2)。

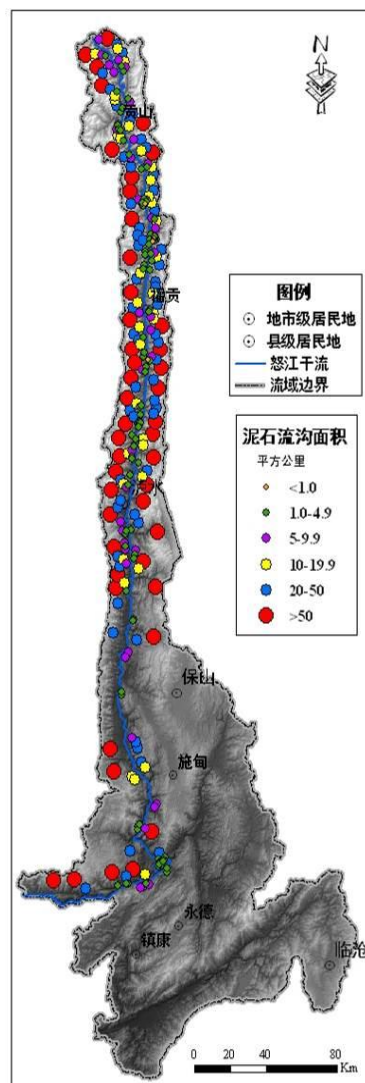


图 1 怒江流域云南段泥石流分布图

调查发现怒江云南段两岸常发生泥石流堵河事件, 如 2010 年 8 月 18 日云南普拉底东月各泥石流堵塞怒江形成堰塞湖, 埋没一个工厂和 100 多工

注: 本文为西华大学人才引进项目(编号: Z211016)、中国地质调查二级项目(编号: DD20190643)和国家自然科学基金资助项目(编号: 41502330 和 51679229)和的成果。

收稿日期: 2021-03-20; 改回日期: 2021-04-01; 责任编辑: 周健。DOI: 10.16509/j.georeview.2021.sl.010

作者简介: 杨顺, 男, 1986 年生, 博士, 高级工程师, 岩土工程专业; Email: yangshun09@foxmail.com。

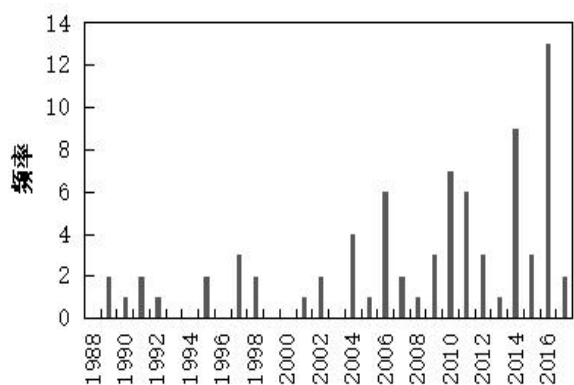


图 2 1988~2017 怒江高山峡谷区泥石流灾害暴发频次

人,造成特大灾害(张杰等,2015)。2012年6月28日贡山比比里村附近暴发泥石流,堵河超过8h,形成3km长的堰塞湖。2020年5月25日,怒江州贡山县暴发持续强降雨,县域内发生群发性泥石流、滑坡等地质灾害,沿江两岸多地发生不完全堵塞事件,严重威胁地方群众生命财产安全。怒江泥石流数量众多,密度较大,发生频率高,灾害的频发常造成大量人员伤亡和严重的经济损失,成为怒江流域社会、经济发展和自然环境保护的重要限制性因素之一。

2 泥石流堵河危险性评价

2.1 泥石流堵河类型

泥石流入汇主河模式主要取决于泥石流规模、泥石流流速、泥石流出口纵比降,主河水流流量、主河宽度,泥石流与主河之间的方位关系等,其关键科学问题是牛顿流体的泥石流入汇非牛顿流体的河水中,势必会造成不同的泥石流入汇主河类型。

总的来说,泥石流堵河类型主要表现为两种情况,一是泥石流完全堵塞主河;二是泥石流部分堵塞主河。完全堵塞主河需要泥石流规模较大,流速较快,且主河泥沙输移能力暂时小于支沟泥石流规模,进而造成主河完全堵塞,达到断流状态;而部分堵塞主河时,泥石流流量及流速小于主河流量及泥沙携带能力,泥石流能量不足以冲到河对岸形成堰塞湖。其中,针对怒江高山峡谷区沿线泥石流,主要出现第二种堵河类型,即部分堵塞主河。如2010年8月18日贡山县普拉底东月各泥石流堵塞怒江形成堰塞湖,但由于怒江水量巨大,堰塞湖很快被冲开;2020年5月25日贡山县暴发群发性自然灾害,沿江多处发生泥石流严重挤压主河现象,

均因怒江输沙能力强未形成堰塞湖,这些都属于不完全堵塞主河类型。

2.2 泥石流堵河危险性评价

通过现场调查获取的资料及相关参数,结合RAMMS:DEBRIS模块进行泥石流堵河过程数值模拟,实时获取泥石流流速、泥深淤积范围等,评价怒江高山峡谷区泥石流堵河危险性。

选择怒江流域福贡县城对面腊土底河为研究对象,根据前期泥石流特征参数计算,设置腊土底河100年一遇、50年一遇和20年一遇泥石流流量分别为 $200\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $160\text{ m}^3/\text{s}$ 和 $140\text{ m}^3/\text{s}$,形成泥石流一次固体物质冲出量为 $2.50\times 10^4\text{ m}^3$ 、 $2.00\times 10^4\text{ m}^3$ 以及 $1.00\times 10^4\text{ m}^3$,从而得到不同暴发频率条件下泥石流堵河淤积风险(图3),表明频率越低,堵河淤积风险越高。

模拟结果采用精度系数 I_a 进行合理性验证,见式(1), I_a 区间位于0~1,值越大,模拟越准确。

$$I_a = \sqrt[3]{(A_0/A_r) \cdot (A_0/A_m)} \times 100\% \quad (1)$$

选择腊土底河50年一遇条件下泥石流最大泥深模拟结果为例,可得腊土底河泥石流模拟面积 A_m 为 0.103 km^2 ,泥石流实际堆积面积 A_r 为 0.121 km^2 ,实际与重叠面积 A_0 为 0.082 km^2 。根据式(1)可得精度系数 I_a 为73.50%,满足模拟精度要求。

已有研究表明,泥石流危险性大主要表现在泥石流流速(动力)和泥深(淤积)两方面(常鸣等,2014),此外,通过对福贡县及附近泥石流发生的气象条件进行分析,可知近年来该区域泥石流主要以暴发20年一遇和50年一遇的泥石流灾害,100年一遇及更低频率泥石流发生概率较低。因此,基于50年一遇暴发频率,将腊土底河堆积扇危险区分为高危险区、中危险区和低危险区三类,其中,高危险区占该类面积76%以上,主要分布在腊土底河沟道及两侧平缓地区,大量的城镇居民和厂矿坐落于此,极易受泥石流毁坏,需重点防护;中危险区占该类面积19%,主要分布在高危险区外侧区域,受泥石流威胁程度较低;低危险区占该类面积约5%,主要分布在腊土底河两侧高地,受泥石流威胁相对较小。

3 结论

怒江流域云南段山高谷深,地质构造条件复杂,泥石流在未来一段时间还将长期存在。针对怒

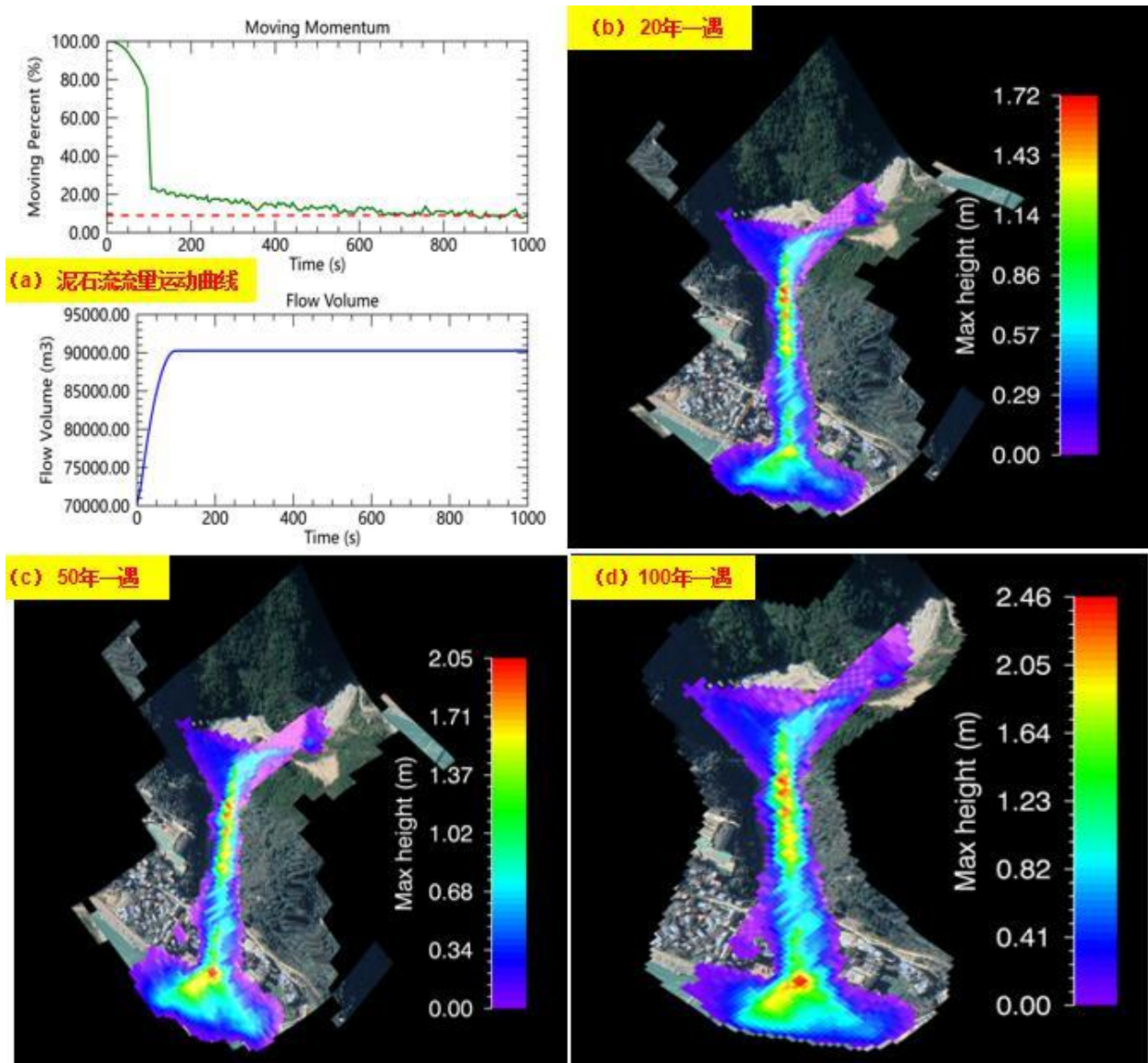


图3 腊土底河泥石流不同暴发频率最大泥深模拟过程

江高山峡谷区内典型泥石流堵河现象,采用理论分析和数值模拟,对腊土底河 100 年一遇、50 年一遇和 20 年一遇条件下泥石流堵河淤积危险性进行评价。其中,在 50 年一遇泥石流暴发频率条件下,通过腊土底河野外实测数据验证,数值模拟精度可达 73.50%,堆积扇以高危险区为主,需加强防护和安全避让。

参考文献 / References

- 常鸣,唐川. 2014. 基于水动力的典型矿山泥石流运动模式研究. 水利学报, 33: 116~121.
- 唐川. 2005. 云南怒江流域泥石流敏感性空间分析. 地理研究, 24(2): 178~185.

- 张杰,李世凯,甘云兰,张红兵,晏祥省,张卫锋,肖华宗,杨帆. 2015. 云南贡山 8·18 特大泥石流灾害调查分析与启示. 工程地质学报, 23(3): 373~382.
- 赵志祥,杨贤. 2010. 西藏怒江流域水电规划主要工程地质问题. 中国水力发电工程学会第四届地质及勘探专业委员会第二次学术交流会论文集: 79~83.

YANG Shun, SHE Tao, ZHANG Yong, LIU Jiankang: The research on the hazard risk of blocking river in Nujiang great valley, Yunnan Province

Keywords: Nujiang River; alpine valley; debris flow; blocking river