

雅砻江支流某泥石流沟特征及其工程效应研究

吉 锋, 石豫川, 葛 华, 刘汉超
(成都理工大学工程地质研究所, 成都 610059)

摘 要: 雅砻江支流上某拟建水电站, 库区主要工程地质问题为库尾右岸某大型泥石流沟, 其于 2003 年曾爆发百年一遇泥石流, 堵塞江水 5 min 左右, 在阐述该泥石流沟发育历史的基础上, 详细分析其汇水- 物源区、流通区和堆积区特征, 最后通过计算估测该泥石流沟动力学特征, 并对其工程效应做出评价。
关键词: 雅砻江支流; 泥石流; 特征; 工程效应
中图分类号: P642.23 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2006)05-0077-03

The Characteristic of a Debris Flow and Its
Engineering Effects in the Branch of Yalong River

Ji Feng, Shi Yuchuan, Ge Hua, Liu Hanchao
(Institute of Engineering Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: A hydroelectric power station will be constructed in the branch of Yalong River, the main engineering geology question of this reservoir is the debris flow in the tail right bank, which once erupted in 2003 for hundred years as soon as to meet the mud-rock flow, and stopped up the river about 5 minutes, the growth history of the debris flow ditch is elaborated, and its characteristic of catchment-source area, circulation area, and pile area is analyzed. Finally the engineering effects are estimated through calculating the dynamics characteristic.
Key words: branch of Yalong river; debris flow; characteristics; Engineering effects

1 引言

某拟建水电站地处四川省甘孜州九龙县境内的雅砻江左岸一级支流九龙河干流上。已有资料表明, 该水电站水库主要工程地质问题是, 库尾上游约 338.02 m 处九龙河右岸的某泥石流灾害。2003 年 6 月 25 日, 该沟发生了一次规模较大的泥石流, 堵塞九龙河约 5 min, 泥石流沟流域水系图如图 1 所示。由于拟建水电站水库库容分别为 $133 \times 10^4 \text{ m}^3$ (下坝址) 和 $76 \times 10^4 \text{ m}^3$ (上坝址), 库容相对较小, 对泥石流灾害所导致的水库淤积问题比较敏感。因此, 工程地质测绘及综合分析, 揭示泥石流特征及其发育可能引起的工程效应, 具有重要的现实意义。

2 泥石流发育历史

据当地居民介绍, 该泥石流沟一般 10 年左右爆发一次较大的洪流, 除 2003 年爆发大规模泥石流外, 历史上曾发生过一次大规模泥石流(见表 1)。

表 1 张家沟泥石流活动统计表

时间	影响范围	气候特征	危害程度
1904 年	沟谷两侧- 九龙河河床	暴雨	淹没沟谷农田, 泥石流后使沟口形成扇状形态, 同时堵塞河流数小时。
1982 年	沟谷两侧	暴雨	规模小, 仅沟谷两侧局部农田被冲毁
1993 年	沟谷两侧	暴雨	规模较小, 仅沟谷两侧局部农田被冲毁
1999 年	沟谷两侧	暴雨	规模较小, 仅沟谷两侧局部农田被冲毁
2003 年	沟谷两侧- 九龙河河床	大-暴雨	沟谷两侧大部分农田被冲毁、掩埋, 公路被毁, 堵塞九龙河数分钟。

2003 年 6 月 25 日 20:00~ 21:00, 山顶持续 4 h 左右的强降雨后(此时山脚降雨 0.5 h 左右), 小雨仍在持续, 泥石流爆发为黏性泥石流。伴随“轰轰”巨响, 沟旁居民房屋剧烈震动, 泥石流爆发时间上先后分为三次, 每次持续约 30 min。第一次先为右支沟爆发, “速度较慢”; 第二次为主沟爆发, “速度非常快”; 第三次为两条沟同时产生, 由于石头含量高, 沟谷堵溃, “泥石流中石头飞的很高”。在流通区段, 由于沟谷深切狭窄, 坡度较大, 跌坎发育, 泥石流加速通过。在堆积区形成大的扇形体, 高出原耕地(玉米地) 1~ 4 m。前缘冲至九龙河对岸, 形成堵江, 堵塞河流大约 5 min, 然后溃决。

本次泥石流爆发虽无人员伤亡, 但物源区右支沟的泥石

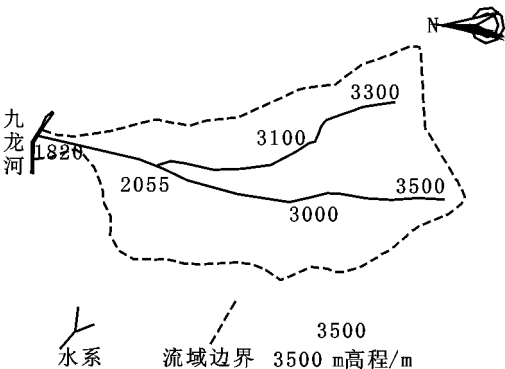


图 1 张家沟流域水系图

* 收稿日期: 2005-10-13
作者简介: 吉锋(1981-), 男, 博士, 主要从事岩土及工程地质科研工作。

流在沟道中受到一直径大约 5 m 的孤石阻塞,泥石流改道,从右支沟左侧的耕地通过,并顺流冲毁 3 处居民住宅。由于逃离及时,没有造成人员伤亡;但一居民房屋南侧部分被冲毁,导致其余房屋倒塌,7 人被压(后被邻居抢救出来)。总共造成 9 间房屋被毁,牲畜和耕地等财产损失较大。

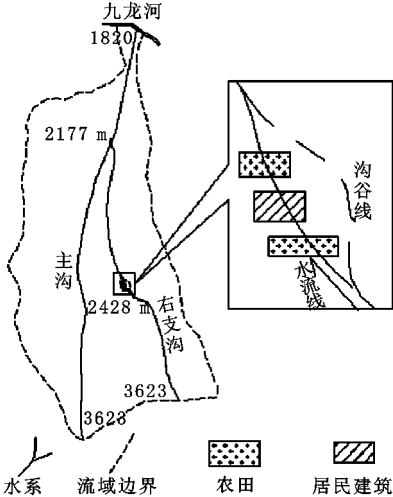


图 2 右支沟水流流线示意图

通过洪水调查研究,在区域上 2003 年的洪水水位线及流量与历年相近,属一般性洪水,如 2003 年最高水位 1 986.47 m,最大流量 261 m³/s,2004 年最高水位 1 986.49 m,最大流量 326 m³/s(据九龙河上游沙坪的乌拉溪水文站资料),2004 年洪水比 2003 年略大一些,但在泥石流沟局部的流域上,其降雨量大,洪水较猛,属百年一遇,主要证据有以下两点:

(1) 在张家沟右支沟的后缘,高程 2 428 m 附近。由于沟谷拐角较大,洪流未遵从原有沟谷流通,而是直接越过前部耕地、农居等通过,以至造成上述财产损失,险造人员死亡,据访问当地 9 代居住于此的居民,未见过如此大的洪流,以至在住户建筑方面未考虑此类风险,可见 2003 年的洪流历史罕见(2003 年洪流流线及原有沟谷见示意图 1)。

(2) 在沟谷堆积区可见直径 6 m 左右的巨石,其原本存在于高程 2 171 m 的仰天窝一带,如未遇到特大局域暴雨,不会触动此类巨石滚落。

通过调查分析,该地区洪水周期为 8~12 年,大型泥石流周期为 90~110 年,属于低频泥石流沟。

3 泥石流沟特征分析

3.1 汇水—物源区特征

据调查,该泥石流沟是一典型的沟谷型泥石流沟,它的物源区、流通区和堆积区在地形上变化十分明显,各区体现的功能较突出。

物源区地形开阔,谷坡中上部植被茂盛,以乔木为主,一般直径在 20~30 cm,覆盖率在 70%~80%,岸坡稳定性较好。沟底及两侧坡脚分布大量崩塌积物和坡洪积物(第四系分布见图 3)。崩塌积堆积物主要由片岩和大理岩块碎石构成,最大粒径在 2 m 以上,一般粒径 5~50 cm,呈次棱角状,结构比较松散,厚度一般 5~20 m。坡洪积物堆积体主要由碎砾石土夹大理岩孤块石构成,厚度较薄,仅 2~3 m。

图中松散固体物质总量约 490.85×10⁴ m³,不稳定物源量约 129.60×10⁴ m³,见表 2。

综上所述,汇水—物源区松散固体物质较丰富,总方量 490.85×10⁴ m³,多数堆积密实,并且植被发育,处于稳定状态。

不稳定物源主要分布在沿沟谷两侧,方量 129.60×10⁴ m³。由于该区纵坡降较大,水流速度大,不稳定物源较易被洪水携带,所以该泥石流沟汇水—物源区体现出的提供物源功能较突出。

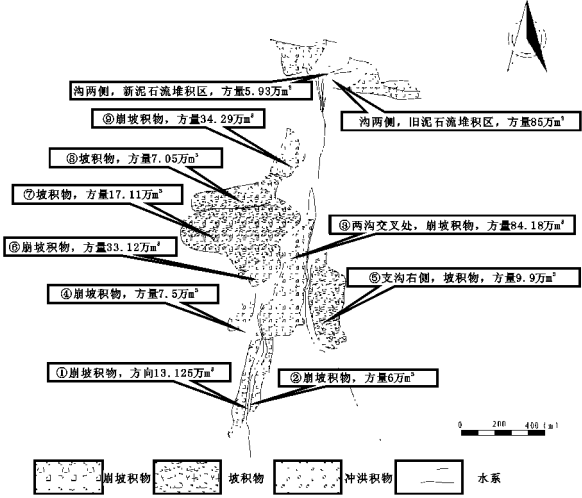


图 3 泥石流沟第四系松散固体物质分布图

表 2 物源区松散固体物质总量统计表

堆积区 编号	面积/ 10 ⁴ m ²	厚度(按最大可见 厚度计算)/m	总方量 /10 ⁴ m ³
号	3.37	5.00	16.85
号	2.09	5.00	10.45
号	11.2	20.00	224
号	1.89	6.00	11.34
号	9.25	6.00	55.5
号	4.6	10.00	46
号	18.55	3.00	55.65
号	6.62	3.00	19.86
号	5.12	10.00	51.2
合计			490.85

表 3 物源区不稳定固体物质统计表

堆积区编号	不稳定物源量计算依据	不稳定物质量
号	整体稳定,但处于沟边,易遭受沟水淘蚀,不稳定物质按 40% 计算	6.74
号	整体稳定,但处于沟边,易遭受沟水淘蚀,不稳定物质按 40% 计算	4.18
号	整体稳定,但处于沟边,易遭受沟水淘蚀,不稳定物质按 40% 计算	89.6
号	整体稳定且离沟床较远,主要遭受面流冲刷,不稳定物质按 10% 计算	1.134
号	整体稳定且离沟床较远,主要遭受面流冲刷,不稳定物质按 10% 计算	5.55
号	整体稳定且离沟床较远,主要遭受面流冲刷,不稳定物质按 10% 计算	4.6
号	整体稳定且离沟床较远,主要遭受面流冲刷,不稳定物质按 10% 计算	5.565
号	整体稳定且离沟床较远,主要遭受面流冲刷,不稳定物质按 10% 计算	1.986
号	整体稳定且离沟床较远,主要遭受面流冲刷,不稳定物质按 10% 计算	5.12
合计		129.60

3.2 流通区特征

该泥石流的流通区以“V”形为主,谷宽 4~7 m(见图 4)。流通区长 0.5 km,较顺直。沟床及谷坡下部基岩裸露,谷坡中、上部植被较发育,以乔木为主,覆盖率在 60% 左右。沟底可见少量堆积物,堆积物粒径一般在 5~20 cm,最大粒径 0.5 m;偶见粒径 2 m 以上的漂砾,呈次棱角状、次圆状。沟床纵坡降较大,且沟道顺直通畅,对泥石流加速作用非常显著,这是导致泥石流流速较大的重要原因;另一方面,由于沟道狭窄,在泥石流爆发过程中,一旦巨石卡口,致使泥石流

堵塞,其溃决后,将为泥石流整体蓄积能量,搬运更大直径的碎块石奠定了基础。



图4 流通区沟谷形态图

3.3 堆积区特征

堆积区总体呈扇状,长约700 m,地势平坦,堆积物丰富,为直径5~6 m的孤石和块碎石土组成。块碎石一般呈棱角状一次棱角状,粒径5~15 cm居多。两侧有耕地和住户,植被较少,仅住户周围乔木茂盛。居民建筑物均在老的泥石流堆积体上,最近一次大型泥石流(2003年)冲毁一些耕地,但没有损坏到房屋。

现场对2003年泥石流堆积体进行重度和颗分试验。试验结果表明:颗粒总体特征以碎、块石和砂砾石堆积为主,粒径大于60 mm的块石所占比重可达20%左右;粒径为2~60 mm的碎石所占比重48%左右;粒径小于2 mm的砂砾所占比重32%左右;偶见直径5~6 m的孤石。物质成分以大理岩、片岩为主,呈次棱角状。

根据地面地质测绘和钻探揭示,泥石流堆积物由两个部分组成,一是新近泥石流堆积(2003年6月),另外一部分是老的泥石流堆积。

(1)新近泥石流堆积。2003年6月25日爆发的泥石流,为该泥石流沟百年一遇的大规模泥石流,其堆积面积 $16\,937.5\text{ m}^2$,厚约3.5 m,体积约 $5.93 \times 10^4\text{ m}^3$ 。另外,堵江部分按照宽32 m,长30 m,高6 m估算,堵江量 $0.58 \times 10^4\text{ m}^3$ 。(由于堵江时间短,在堵江体形成前、溃决后均有泥石流持续流入九龙河,故此数据比实际进入九龙河的方量要小)。堆积物主要为块碎石夹孤石,粒径一般在5~20 cm,最大粒径5~6 m。物质成分以大理岩、片岩为主,呈棱角状一次棱角状。钻进过程中不返水,表明结构紧密程度一般。

(2)老的泥石流堆积。包括2003年以前的所有泥石流堆积物。面积 $95\,500\text{ m}^2$,厚度在8.9 m左右,体积达 $85 \times 10^4\text{ m}^3$ 。堆积物主要由块碎石组成,粒径一般在5~10 cm,个别可达50 cm。物质成分以大理岩、片岩为主,呈棱角状一次棱角状。钻进过程中不返水,表明结构密实度一般。多数被居

参考文献:

- [1] 孙广忠,王昂生,等.中国自然灾害[M].北京:学术书刊出版社,1990.
- [2] 杜容桓.泥石流观测研究[M].北京:科学出版社,1996.
- [3] 杜容桓,章书成,等.泥石流研究内容与发展方向探讨[M].中国科学院兰州冰川冻土所集刊.1984.
- [4] 谭万沛,王成华,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.
- [5] W J Petak A A Atkission.自然灾害风险评价与减灾政策[M].向立云,程晓陶等译.北京:地震出版社,1993.
- [6] Varnes D J. Slope movement types and processes[A]. In: Schuster R L, Krizek R J eds. Landslides, Analysis and Control [M]. Transportation Research Board, National Council; Special Report 176. Washington DC: National Academy of Sciences, 1978. 11-33.

民变成了耕地和房屋,表层土质由于种庄稼变得较疏松。

该区堆积物总体上由于地势平坦,堆积物结构密实,稳定性较好,基本属于稳定松散固体物质。主沟床两侧在洪水冲刷作用下,可能产生局部坍塌,但数量有限,可忽略不计。

4 泥石流动力学特征及工程效应分析

据铁道科学研究院西南科学研究所研究东川泥石流后推荐的流速改进公式并查相关专著和手册,求得2003年大型泥石流在堆积区扇首处流速为5.49 m/s,根据雨洪修正法和泥痕调查法求得全流域100a一遇洪水最大流量为 $155.62\text{ m}^3/\text{s}$,在狭窄河道中,洪水位快速上涨,使得水动力增加很快,对泥石流启动有利。计算结果表明,理论上100年内入库总量可达23.59~38.08万 m^3 。考虑到计算中的取值略偏保守,可以认为水库运行期间,张家沟泥石流所造成的水库淤积总量不超过38.08万 m^3 。

根据上述计算结果,可以认为水库运营期间,张家沟泥石流所造成的水库淤积总量不超38万 m^3 。这对下坝址影响不大,因其水库库容达133万 m^3 ,张家沟泥石流造成的淤积不到水库库容的1/3,因此不会对水库造成大的危害。

张家沟泥石流对上坝址影响较大,主要表现在以下两个方面:

(1)水库库容相对较小(约76万 m^3),泥石流淤积将大大减小调节库容,影响发电效益。

(2)坝址离张家沟沟口相对较近,泥石流中的粗大固体颗粒容易被搬运到坝前,大大增加冲砂排砂、清淤等工作的难度。

另外,泥石流对于当地的影响主要体现在以下几个方面:

(1)对公路的毁坏:如2003年的大型泥石流的爆发致使公路堵塞,影响交通畅通,目前遇到洪流期间仍有堆积物停滞在公路上。

(2)对居民生命、建筑物、耕地的影响:主要表现物源区,部分居民建筑物已经被损坏,部分墙脚距离泥石流沟边缘仅20 cm(在堆积区左侧),具有一定威胁。

鉴于此,提出如下预防措施:泥石流堆积扇前缘公路改由钢筋混凝土铺设,路面为凹形,促使泥石流快速通过,不至影响交通。同时,建议营造大量水源涵养林和水土保持林,减少洪水流量,抑制泥石流形成的水动力条件,对于潜在危险地段的居民应实施搬迁。

5 结 论

经上述分析,笔者认为:(1)该泥石流沟四季常年流水,植被覆盖较好,岩性主要为二叠系下统甲黄沟群(P_1jh)的大理岩和片岩,地质构造简单,岩体呈单斜产出。该沟从基本形态特征上具有明显的汇水—物源区、流通区和堆积区,并且各区功能显著,具备典型沟谷型泥石流特征;(2)通过调查分析,泥石流沟为低频泥石流沟谷。该地区10年一遇洪水周期为8~12年,大型泥石流周期为90~110年。(3)该泥石流100年内入库总量可达23.59~38.08万 m^3 。对下坝址影响较小。上坝址由于库容较小且离沟口较近,泥石流影响较大。