

四川某电站库区泥石流特征研究

李彦军, 刘汉超, 石豫川
(成都理工大学环境与土木工程学院, 成都 610059)

摘 要: 对四川某电站库区的泥石流的危险性进行了评价, 并运用工程地质分析原理的方法对其中最易发的四条泥石流沟产生条件进行了定性的分析, 并计算了它们的不同概率的泥石流总量, 最后对该库区泥石流的发展趋势作出了预测评价并提出了治理建议。
关键词: 泥石流特征; 危险性评价; 成因机制; 泥石流总量; 发展趋势
中图分类号: P642. 23 文献标识码: A 文编号: 1005-3409(2005) 03-0194-04

Analysis of Debris Flows Characteristics of the
Reservior Area of a Power Station in Sichuan

LI Yan-jun, LIU Han-chao, SHI Yu-chuan
(Institute of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: The authors analyse the harmfulness of the debris flows and the formation mechanism for the four gullies that debris flow is easily to occur, at the same time, also estimate the total value of the four most harmful valleys. In the end, a evolution trend forecast is made and some suggestions for the debris flow valleys in the area are given.
Key words: debris flows characteristics; harmfulness appraisal; formation mechanism; total value; evolution trends

该水电站位于长江某一级支流中游, 四川省境内, 水库三个设计蓄水位为 1 130, 1 150, 11 70 m, 大坝壅水高度约 180 ~ 190 m, 坝高约 210 m, 水库长度 30 km, 总库容 8. 2 亿 m³, 调节库容 0. 6 亿 m³。对库区泥石流发育特征的研究是必不可少的, 它不仅关系着水库运营的使用与安全, 还是库区地质环境的重要因素之一。

1 泥石流形成条件

1.1 物源条件

对泥石流的形成、补给有重要意义的是松散固体物质的储量。主要包括基岩风化、卸荷的产物, 基岩残积物及不稳定的滑坡、崩滑体及沟床堆积体, 还有与构造有关的固体物质, 如断层破碎带、影响带及挤压破碎带, 所有这些都为一定条件下泥石流的发生奠定了物质基础。

1.2 地形地貌条件

库区的泥石流沟普遍具有较好的位能条件, 泥石流沟的流域相对高差多在 700 ~ 1 500 m 之间, 最高者可 > 2 000 m, 平均纵坡降均在 100‰以上, 两岸谷坡及物源区的坡角均 20 以上, 既有利于松散固体物质的积累与搬运。

1.3 气象水文条件

气象水文条件是指流域降雨、汇流及入渗的条件, 是泥石流形成的最基本的外部条件。该区泥石流为暴雨诱发型,

因此日最大降雨量, 尤其雨强值, 对该区泥石流的发生起控制性作用。该区的降雨主要集中在 6、7、8、9 月份, 空间分布不均匀, 多年最大日降雨量可达 72. 3 ~ 108. 6 mm, 在此降雨条件下, 大沟可击发黏性泥石流, 大发沟、王家沟可能击发稀性泥石流, 而加郡沟则需要更大的降雨强度河前期降雨量 (各沟分布位置见图 1)。

1.4 岩性与构造条件

库区岩性以晋宁—澄江期的花岗岩、闪长岩为主, 属硬岩, 但表层风化卸荷较严重, 这与地质构有密切的关系。地质构造对硬岩地区泥石流的发育起不可忽视的作用, 它一方面控制地形的陡缓, 一方面控制着岩体的完整程度, 尤其是断裂构造、挤压带的作用最为明显。该区的断裂多分布在右岸, 且部分断裂平行穿越泥石流沟谷或与泥石流沟的物源区相交, 节理、崩塌、崩滑发育, 为泥石流的发生存储了物源; 加上断层影响带内谷坡陡峻, 河床纵比降大, 使得受构造控制的沟谷更成为泥石流的易发地。如该区较易发的四条泥石流沟中, 大发沟基本沿断层发育, 加郡沟右支沟受挤压破碎带的控制。

2 泥石流沟的基本特征

2.1 泥石流沟的分布特点

该区泥石流成群集式分布, 库区范围内两端少, 中间较为集中。左右两岸分布不对称, 左岸泥石流沟相对较多, 而右

¹ 收稿日期: 2004-08-07
作者简介: 李彦军(1977-), 男, 成都理工大学环境与土木工程学院, 地质工程专业硕士研究生, 研究方向: 地质灾害评价与预测。

岸较少。在大断裂带及新构造运动强烈的地区,活动性泥石流沟发育;构造影响轻微地带,泥石流发育程度较低。田湾河支库范围受磨西断裂和大发断裂影响,破碎带宽,岩体稳定性差,且沟谷深切岭谷高差悬殊,加之微弱地震活动,节理发育小型崩塌、崩滑、滑坡时有发生,有利于泥石流形成。

2.2 泥石流类型

- (1) 按流域水源性质,该区的泥石流沟主要为暴雨型泥石流。
- (2) 按流域土源对泥石流的分类,该区泥石流沟个别的为充水失稳土滑型,河床堵塞体溃决型外,大多以谷坡片蚀型,谷坡冲蚀一片蚀型为主。
- (3) 据流体性质,该区的泥石流均为稀性泥石流。

3 危害评价与成因特征分析

3.1 泥石流沟的危险度(易发度)评价

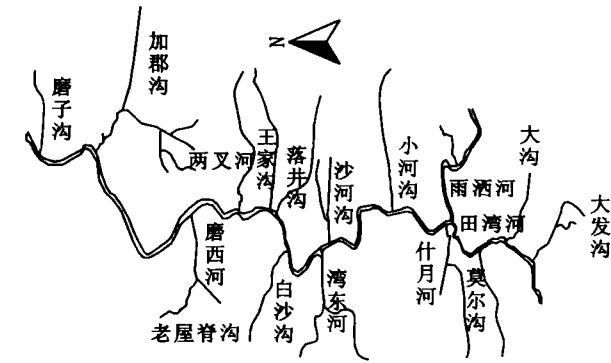


图 1 库区泥石流沟位置分布图

泥石流形成的基本条件是有利的地形,丰富的散固体物质和足够的水动力条件。地质现象及其组合在泥石流的形成过程中起着提供位势能量、固体物质和发生场所三大基本条件。因此我们围绕地形、松散固体物质、水动力条件三个主要方面,根据流域内泥石流活动条件的诸因素,选择有代表性的 15 项因素进行数量化处理,以此对泥石流沟的易发程度进行评价。15 项总得分在 40 分以上的均可视为泥石流沟,总得分在 40 分以下的不作为泥石流评价。限于篇幅,打分标准文中不再列出。根据泥石流的 15 项因素的综合评分结果将泥石流的易发程度分为五级:

极易发(严重),各项因素均很活跃,有威胁感,有一触即发之势。

中等易发,各项因素有一定程度的活跃或个别因素活跃突出,总形势威胁突出。

轻度易发,各项因素均较稳定,无特殊条件将不会频发或突出。

极轻度易发(极轻度),各项因素均较稳定,只有在几百年一遇的暴雨才能突发。

不易发性(非泥石流沟),不作为泥石流考虑。

从评价结果可知属极轻度易发的有两叉河、落井沟、沙河沟、小河沟、雨洒河、莫尔沟、老屋脊沟,需在百年至数百年一遇的暴雨情况下才可能突发泥石流。由于沟内松散堆积物数量有限,即使发生泥石流,也不会造成大的危害。属轻度易

发的是白沙沟;属中度易发的是加郡沟、王家沟、大河、大发沟(评价结果见表 1)。

3.2 典型泥石流沟成因特征

经过对该区 16 条泥石流沟的易发度的综合评价,确认大发沟、王家沟、大河、加郡沟四条泥石流沟属于中等易发,是相对最易发泥石流的沟谷,认为是危险度最高的部分,是评价的重点。对泥石流沟评价与预测有很多种方法,最常用的是模糊理论权值打分的方法,它基本能刻划泥石流的危险程度,但其各项分值的取得很大程度取决于主观判断和经验,不能确定其成因类型和最敏感因素。应用回归分析等现代数学方法的分析需要大量的观测记录和实测数据,在很多情况下,都由于资料不足而无法应用。作者从工程地质分析原理的方法入手,对四条相对较易发的典型泥石流进行定性分析,简单分析它们成因条件上的不同特征。

(1) 加郡沟泥石流发育特征。加郡沟共有四级支沟,右支沟再无二级支沟,左支沟由三级支沟组成。加郡沟的物源区主要位于其三四级支沟的交汇处,呈漏斗状,坡角 30~35°,一般崩坡积体的天然休止角在 35°左右,故其天然稳定性较好。若发生泥石流,其固体物质的补给方式应以坡面侵蚀为主,滑坡、崩塌的物质供给量极少,为坡面片蚀型泥石流。在降雨面蚀携带的固体物质向下游的运动中,必然收到其它二、三级支沟的流水的稀释(其它沟的物源很少,以流水为主),到达主沟道时其密度是极低的。也就是加郡沟雨季的始发径流量很大,但并不能说就易发泥石流。

(2) 王家沟泥石流发育特征。王家沟于 1967 年、2001 年发生稀性泥石流,大河于 1963 年、1972 年、2001 年发生泥石流。如果从激发雨强的角度比较二者,如果王家沟的激发雨强值大于大发沟,则大发沟应在 1967 年、2001 年也发生泥石流;如果大发沟的激发雨强值大于王家沟,则王家沟也应在 1963、1972、2001 年发生泥石流;可见二者的激发条件还有着各自的特点。

王家沟两次泥石流都是经过较长时间的降雨,即有较大的前期雨量。

王家沟不具备典型泥石流沟的特点,即没有明显的物源、流通区和堆积区。其物源沿沟零星分布,规模不大,数目较多,堆积体大部分从沟侧壁延伸到沟底或一部分在沟底遭侵蚀,且其物源中有一大部分为黄色沙土物质。

作者认为,用苏联学者 C. M. 弗莱施曼的分类方法,王家沟应属于充水失稳土滑—沟床两岸冲刷型,即堆积体在较大前期雨量的作用下,首先达到饱水状态,进而液化形成土滑,再加上流水较长时间对堆积体前缘的冲刷侵蚀,更加剧了堆积体蠕滑破坏。

再者,王家沟沟床底部的堆积体有逐级向前推移的特征,即二次搬运,因此部分堆积体从上游到沟口,需要较长时间的连续洪水作用。这也是它需要较长时降雨的一个原因。

(3) 大发沟泥石流发育特征。大发沟的直线段基本沿大发断裂发育,距沟口 1 km 处又与另一断裂斜交,这两断裂形成共扼 X 型构造,应为挤压作用形成的正断层。强烈的挤压使其基岩破碎,松散固体物质较多;挤压的剪切作用,使得基

岩中陡倾结构面发育,易于崩塌、形成崩滑体;断层对局部地貌的控制使得沟谷陡峭,地势险峻,更容易发生重力地质作用。苏联学者 C. M. 弗莱施曼的分类方法,大发沟应以沟床堵塞溃决型为主,即降雨引起堆积体的崩塌和局部的堆积体崩滑,规模大时可引起沟谷的堵塞,更加剧了泥石流的形成。

(4) 大沟泥石流发育特征。大沟的物源区相对集中,其产生形式与大发沟类似,但其固体松散物质的粒径较小,对降雨更为敏感,在相同的条件下更易发生泥石流,是四条泥石流沟中最易发生的,据调查大沟几乎每年都暴发达稀性泥石流标准的洪水。

通过对四条典型泥石流沟的形成条件分析,进一步得出它们的危险度上的差异:大沟最易发,其次为大发沟,再次为王家沟,最不易发的是加郡沟。

3.3 泥石流流量与总量的计算

(1) 泥石流流量计算。泥石流流量计算,有雨洪修正法和泥痕调查法。对于雨洪修正法,采用我国学者对东川泥石流研究得出的流量公式(简称东川公式):

$$Q_m = Q_w (1 + \varphi D_c) \tag{1}$$
$$\varphi = (\gamma_c - \gamma_w) / (\gamma_s - \gamma_c)$$

式中: φ ——泥石流修正系数; D_c ——泥石流堵塞系数; Q_m ——设计泥石流流量(m^3/s); Q_w ——设计洪水峰值流量(m^3/s); γ_c ——泥石流的容重; γ_w ——清水的容重; γ_s ——泥石流固体物质容重。

据《四川省中小流域暴雨洪水计算手册》,

$$Q_w = 0.278 \left(\frac{S_p}{\tau} - \mu \right) F \tag{2}$$

式中: $S_p = H_p \cdot t^{n-1}$; S_p ——某频率的雨强值(mm/h); F ——流域汇水面积(km^2); τ ——汇流时间(h); n ——暴雨衰减指数; μ ——产流参数(mm/h); H_p ——设计频率的 t 小时最大降雨量(mm)。

(2) 泥石流总量的计算。根据泥石流暴涨暴落的特点可将其过程概化图 2 所示的过程曲线,根据该概化模型,一次泥石流的总量可用下式进行计算:

$$W_c = 19T \cdot Q_m / 72 \tag{3}$$

式中: W_c ——泥石流总量(m^3); T ——泥石流历时(s)。

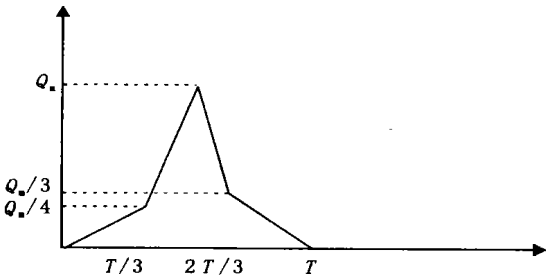


图 2 概化泥石流流量过程线

一次泥石流冲出的固体物质的总量可用式(4)计算:

$$W_s = C_c \cdot W_c \tag{4}$$
$$C_c = (\gamma_c - \gamma_w) / (\gamma_s - \gamma_w)$$

式中: W_s ——泥石流固体物质总量(m^3); 其余符号意义同前(计算结果分别见表 2, 表 3)。

4 泥石流发展趋势评价

(1) 水库蓄水对泥石流外动力条件的影响。该库区为典型的河谷型水库,呈狭长条带状,蓄水后,水库表面积与库区流域面积的比值无明显变化,水库蓄水后库区的降雨量、雨型、雨强值、暴雨频率没有变化。因此库区蓄水前后引发泥石流的外部动力条件没有改变,诱发泥石流的暴雨基本格局不会因蓄水而发生改变。

(2) 库水位的升高将改变泥石流沟的流通区、堆积区的位置。水库蓄水后一部分泥石流沟流通区被淹没;大部分堆积区被淹没;个别的物源区被淹没。

淹没流通区并不改变泥石流的形成区条件,只改变泥石流流通区的行水行砂条件,由于泥石流受到库水的阻力,流速减小,较快淤积,进入水库的固体物将有所减少,堆积区在新的库水位岸坡附近形成,但淤积总量基本无明显变化。

堆积区被淹没的泥石流沟最多,水库蓄水并不能改变泥石流的形成和流通条件,只影响到其堆积条件。由于水库的运营调节,库水的变幅和频度远比以前为大,水下新老堆积扇的消长与库岸的变形同步进行,在蓄水初期,消大于长,有利于泥石流向前堆积,且由于堆积条件的不断变化引起泥石流沟床的冲淤活动的加剧,也加重了泥石流的活动趋势。但会最终随库岸改造的稳定而趋于稳定。

(3) 库岸再造对泥石流的影响。前已述及水库蓄水泥石流沟物源区无影响,不会影响到其稳定性,只是对淹没的流通区部分的沟岸的稳定性有轻度影响,增加了泥石流的固体物质数量,但其数量有限,并与库岸再造是同时进行的,这部分物质实质属于塌岸的部分。

(4) 工程建设中的爆破、削坡、开挖加剧了区内岩体的风化;库区移民就地后靠搬迁促进陡坡垦荒和砍伐活动,增加库区水土流失,在一定程度上加剧了泥石流的活动性。

(5) 近年来政府推行“退耕还林,封山育林”政策,库区生态环境得到一定改善,水土流失得到一定控制,使得库区的灾害发生的规模和频率有减少的趋势。

(6) 根据库区水库诱发地震的区域地质的预测结果,水库蓄水诱发地震轻微,不会对库区泥石流的活动形成明显影响。

(7) 具体说,大发沟堆积扇位于田湾支库库尾,只有在 1 170 m 蓄水时才部分淹没,造成堆积扇处壅水,流速降低,堆积扇向沟内后撤、堆积垒高。大沟在水库蓄水后可能在田湾公路上堆积;王家沟在入河口形成新的堆积区,对水库的右岸冲击和对河道的堵塞有所减弱;加郡沟位于库尾,堆积区高于正常蓄水位,不受影响。

5 结论与建议

(1) 总体说来,该区泥石流的发育程度较低,危险度也较低,据现场调查,发生过泥石流的只有王家沟,大沟和大发沟,并未造成大的危害,只对水库造成轻微的淤积。其它沟谷只在雨季暴发洪水。

表 1 库区泥石流沟危害程度评价表

沟名	加郡沟	大沟	王家沟	大发沟	两叉河	落井沟	白沙沟	沙河沟	小河沟	雨洒河	莫尔沟	老屋脊沟
发生时间	无	无	1963、2001	1967, 1972, 2001	无	无	无	无	无	无	无	无
造成危害	无	无	冲毁木桥, 堵塞主河	几户搬迁	无	无	无	无	无	无	无	无
堆积扇	无	无	无	可见六次堆积, 体积约 2.4 × 10 ⁵ m ³	无	无	无	无	无	无	无	无
危险度	中度易发	中度易发	中度易发	中度易发	极轻度易发	极轻度易发	轻度易发	极轻度易发	极轻度易发	极轻度易发	极轻度易发	极轻度易发

表 2 可能泥石流流量计算成果表

沟名	F/km^2	D_c	Y_c	φ	指定概率/% 泥石流流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)		
					1	2	10
大发沟	7.6	1.1	1.39	0.29	113.2	97	69
加郡沟	20	1.0	1.19	0.127	236.7	206	143
大沟	1.7	1.0	1.45	0.36	24	22	15
王家沟	8	1.0	1.27	0.19	105	91.5	64

(2) 水库蓄水基本对库区泥石流的活动性无明显影响,

表 3 可能泥石流的总量计算成果表

沟名	Y_c	C_c	T/h	$P=1\% (W_c, W_s, 10^4 \text{ m}^3)$			$P=2\% (W_c, W_s, 10^4 \text{ m}^3)$			$P=10\% (W_c, W_s, 10^4 \text{ m}^3)$		
				Q_m	W_c	W_s	Q_m	W_c	W_s	Q_m	W_c	W_s
大发沟	1.39	0.23	0.5	113.2	5.4	1.24	97	4.61	1.06	69	3.28	0.75
加郡沟	1.19	0.112	0.5	236.7	11.2	1.23	206	9.79	1.1	143	6.79	0.76
王家沟	1.45	0.16	0.5	105	4.98	0.8	91.5	4.35	0.7	64	3.04	0.5
大沟	1.27	0.265	0.5	24	1.14	0.3	22	1.01	0.27	15	0.71	0.19

(5) 正确的政策导向。应把泥石流防治工作纳入库区地质灾害整治规划, 统一管理尽快在泥石流沟中上游恢复山地生态平衡。调整产业结构, 在生产中把护坡固沟工作放在重要位置, 做到水土分离。凡 25 以上山地和坡地, 一律退耕还林; 15 ~ 25 的坡地, 改坡田为梯田, 中间加固地埂活草灌带。

参考文献:

[1] 刘传正. 地质灾害指南[M]. 北京: 地质出版社, 2000.
[2] 王小群, 叶尚其, 王兰生. 大渡河宫料河昔木岷沟泥石流特征研究[J]. 地质灾害与环境保护, 2002, 13(2), 26– 29.
[3] 谭秉炎. 三峡库区泥石流活动发展趋势的分析预测[J]. 铁道学报, 2003, 25(3): 122– 126.

因此泥石流未来活动趋势在水库运营期内不会加剧。

(3) 在对泥石流影响的诸因素中, 最重要的是人为活动的影响, 乱砍乱伐, 过度放牧, 过度开垦等会增加库区生态系统的负担, 破坏原有的生态平衡; 电站施工中削坡、开挖、建筑垃圾、弃渣的随意堆放都将加剧泥石流的活动强度; 移民搬迁中就地后靠搬迁促进陡坡垦荒和砍伐活动, 增加了水土流失, 都在一定程度上加剧了泥石流的活动程度。

(4) 建议应对电站建设和移民建设采取统一管理, 统一规划, 合理安排, 尽量减少对区域地质环境的破坏。

(6) 生物防治。广泛开展植树造林和种草, 贯彻“水土保持法”, 结合农业特点种植果园, 开展多种经营。充分利用林冠截流, 枯枝落叶和土壤蓄水, 减少地表径流, 减弱坡面冲刷, 从消弱水流侵蚀力和搬运力方面抑制泥石流地形成。

(上接第 193 页)

参考文献:

[1] 中国社会科学院工业经济研究所, 中国科学院水利部水土保持研究所“西部生态建设战略”课题组. 西北地区的退耕还林还草(下): 政策实施与建议[J]. 经济研究参考, 2004, 28: 30– 45.
[2] 国家林业局. 长江上游黄河上中游地区 2000 年退耕还林(草) 试点示范科技支撑实施方案[J]. 林业科技管理, 2002, (2): 1– 3.
[3] 米文宝, 李陇堂, 何彤慧. 世界粮食计划署 2605 项目对宁南山区生态环境建设的启示[J]. 水土保持研究, 2002, 9(3): 10– 12.
[4] 韩治泰, 张中花. 宁夏中南部地区资源现状与退耕还林还草中应采取的对策[J]. 甘肃农业科技, 2003, (1): 3– 5.
[5] 陈全龙, 郭兴顺. 黄土丘陵区退耕还林的几种模式与生态农业建设[J]. 防护林科技, 2000, (2): 64– 66.
[6] 杨国涛. 对发展宁夏特色经济的分析与思考[J]. 乡镇经济, 2002, (7): 31– 32.
[7] 虎久强, 安永平. 宁夏南部山区退耕还林(草) 试点示范工程治理模式、问题及对策探讨[J]. 甘肃林业科技, 2002, (1): 57– 59.
[8] 李蕾, 刘黎明. 退耕还林还草对农民收入及农村经济的影响[J]. 农村经济, 2004, (3): 50– 51.