

雅江县额稀沟堆积扇成因分析及工程意义

刘维国, 沈军辉, 章志峰, 王者涛, 贾留杰

(成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610059)

摘要: 额稀沟为雅砻江右岸一级支流, 位于雅江县城北, 近沟口一带及其沟口下游雅砻江两岸残存发育有堆积体。从堆积体总体分布形态、堆积体成分及结构的空问变化特征, 恢复了发生于末次冰期晚期的额稀沟巨大古洪积扇, 并根据洪积物的物质组成及结构特征, 合理选取了岸坡坍塌预测的计算参数, 计算参数选取实验数值中偏大值。采用 geo-slope 软件自动搜索危险滑面和王跃敏的图解法, 预测了 IV 区堆积体岸坡在牙根水库蓄水条件下坍塌范围, 结果表明: 2 602 m 水位条件下坍塌宽度为 28 m, 仅比 2 587 m 蓄水位条件下坍塌宽度 20 m 扩大了 8 m。成果将直接应用于雅江县安全评价、县城搬迁范围划定以及牙根水库 2 587 m、2 602 m 水位线比选, 亦对雅江县城环境地质条件认识具有一定意义。

关键词: 额稀沟; 古洪积扇; 成因; 坍塌预测

中图分类号: P642.2

文献标识码:

雅江县城位于拟建牙根水库区雅砻江右岸 II 级基座阶地上。调研发现, 在县城城东雅砻江两岸临江部位及城北额稀沟沟口一带分布有大量残存堆积体。对这些堆积体成因的认识, 是雅江县城及其上游雅砻江右岸一级支流额稀沟环境地质条件认识的基础, 也是评价牙根水库蓄水造成城东堆积体岸坡库岸再造的基础。本文根据沿江两岸堆积残体的分布、物质成分及结构的空问变化特征, 厘定了额稀沟古洪积扇的分布, 结合额稀沟地质环境条件, 分析其成因, 预测了堆积体岸坡在牙根水库 2 578 m 和 2 602 m 两种蓄水位下的坍塌范围。成果将直接应用于县城安全性评价、搬迁范围划定及牙根水库蓄水位比选。

1 地质环境

额稀沟为雅砻江右岸一级支流, 于雅江县城城北汇入雅砻江。流域呈扇顶朝 E 的扇形展布, 汇水

面积约 145 km², 分水岭最高海拔 4 700 m, 沟口高程 2 565 m, 高差近 2 200 m。流域由两条近东流向的支沟组成, 沟长约 15 km (图 1)。北沟以纵向谷为主, 较为宽缓, 其中左岸为陡倾顺向坡, 右岸为陡倾反倾坡; 南沟以纵向谷-斜向谷为主, 局部为中陡倾横向谷, 谷坡陡峻; 流域内冰川地貌发育, 深切冲沟呈树枝状分布, 形成冰川槽谷地貌; 约 3 500 m 以上冰川侵蚀角峰、刃脊、冰斗地貌发育。

流域内基岩主要为三叠系上统雅江组上段 (T₃y³) 的粉砂质板岩夹岩屑石英砂岩、中段 (T₃y²) 的粉砂质板岩夹岩屑石英粉砂岩、下段 (T₃y¹) 的岩屑砂岩夹粉砂质板岩及三叠系上统两河口组上段 (T₃h³) 板岩夹少量岩屑石英砂岩。额稀沟逆断层沿北沟呈 NWW 向展布。

沿额稀沟有国道 318 线通过, 近沟口宽谷段分布有大量的居民。

收稿日期 (Received date): 2008-10-03; 改回日期 (Accepted): 2008-12-20.

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金雅砻江水电开发联合研究基金重点资助项目 (50539050) [National Natural Science Foundation of Yalongjiang hydropower development Joint Research (50539050)]

作者简介 (Biography): 刘维国 (1984-): 男, 土家族, 湖北宜昌, 硕士在读, 主要从事地质灾害和岩土体稳定方向研究。[Liu Weiguo (1984-): male, Master, Tujia nationality, Yichang Hubei. Specialized in geological hazard and geotechnical stability researching.] E-mail: 104423388@qq.com

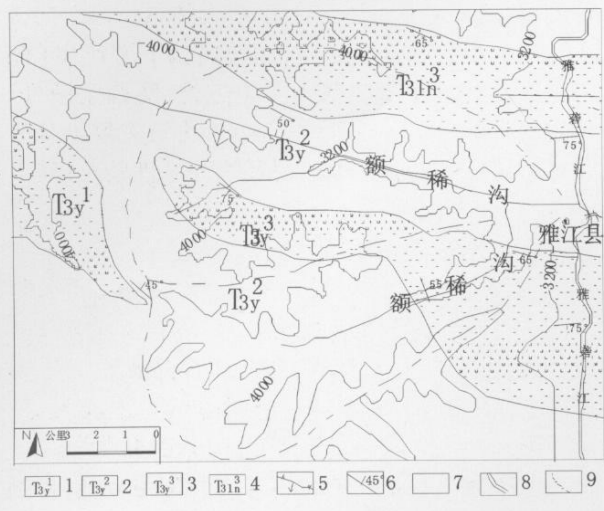


图 1 额稀沟流域地质背景图

Fig 1 The map environmental geology map of Exi Ravine

1三叠系雅江组下段 2三叠系雅江组中段 3三叠系雅江组上段 4三叠系两河口组上段 5逆断层 6基岩产状 7公路 8河流 9分水岭

2 堆积体发育特征

2.1 堆积体的分布特征

额稀沟沟口堆积体主要分布于近沟口段及雅江县城东雅砻江两岸,形成向雅砻江下游方向延续较远的不对称洪积扇(图 2 图 3)。古堆积扇分布高程 2 565~ 2 625 m,厚度较大。受雅砻江及其

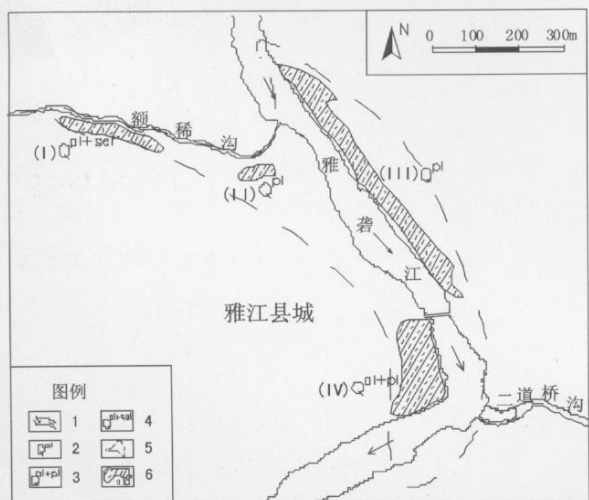


图 2 额稀沟古洪积、泥石流堆积体分布位置

Fig 2 The distribution chart of ancient debris flow and proluvial of Exi ditch

支沟侵蚀,洪积扇形态不完整,现今主要在额稀沟近沟口右岸斜坡、雅砻江左岸沟口下游至雅江隧道出口段及雅砻江右岸老雅江大桥西桥头下游一带可见残存堆积体。



图 3 额稀沟古洪积、泥石流堆积体分布示意图

Fig 3 The distribution chart of ancient debris flow and proluvial of Ex i Ravine

2.2 堆积体结构分区特征

不同部位残存堆积体结构特征存在较大差异。表现为上游堆积体分选差,泥质含量相对较高,定向性差,杂乱堆积;往下游分选性渐好,泥质含量少,且具有较好的定向排列及成层性特征。

1. I 区堆积体

分布于额稀沟右岸,距沟口约 400 m。堆积区沿沟长约 200 m,厚度 20~ 30 m,分布于高程 2 595~ 2 625 m 之间,表部覆有少量坡积层。堆积体杂乱堆积,定向性差,局部架空,无分选性,最大块度达 1.5 m。块石成分以砂质板岩为主,夹少量砂岩,棱角状,少部分次棱角状,泥质胶结,泥质含量 10%~ 20%,局部可见泥包石现象(图 4)。

2. II 区堆积体

分布于额稀沟近沟口右岸。堆积区长 70~ 80 m,最大厚度约 25 m,顶面高程在 2 625 m 左右。堆积体具有一定的成层性,大致可分为三层。顶层为卵石层,分选性较好,一般 5~ 10 cm,泥质含量较低;中间层为次棱角状块石,有一定分选性,块径 10~ 30 cm;底层与中间层相比分选性略差,磨圆度相对较差,大块石含量增加,部分块径可达 1 m,泥质含量小于 10%,局部夹崩积物。

3. III 区堆积体

分布于额稀沟沟口至二道桥沟沟口上游的雅砻



图 4 I 区泥石流堆积体发育特征

Fig 4 The development characteristics of area I

江左岸。堆积体沿雅砻江长约 600 m, 最大厚度达 50 m, 分布于高程 2 568~2 620 m 之间。上部有一层极薄的砂层, 表部被后期崩坡积物、泥石流堆积体等覆盖。堆积体块石定向排列明显, 下游侧块碎石 AB 面产状一般为 $N55^{\circ}W / NE \angle 18^{\circ}$, 倾坡内略偏下游 (图 5), 内部少量卵石略倾上游; 碎块石以砂质板岩为主, 夹少量砂岩, 一般次磨圆~次棱角状, 少量大块石棱角状; 局部含一定泥质, 含量较低。

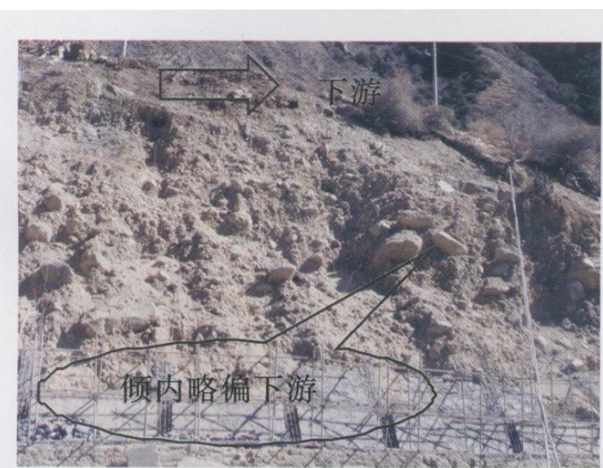


图 5 III 区下游侧定向排列块石特征 (倾内略偏下游)

Fig 5 The directional alignment characteristics in downstream side of area III

4. IV 区堆积体

分布于城东雅砻江右岸。堆积区沿雅砻江长约 200 m, 最大厚度 28 m, 分布高程 2 565~2 605 m。堆积物具有一定的成层性, 下部碎块石分选性较差, 块径一般 5~50 cm, 大者达 1 m 左右, 多呈次磨圆

~次棱角状, 部分大块石棱角状, 总体具一定定向排列, 产状 $N55^{\circ}W / SW \angle 47^{\circ}$, 倾坡内偏下游产出 (图 6); 往下游侧 (上部), 堆积体分选性、磨圆度渐好, 堆积层倾角变小; 堆积体下游侧碎块石大致可分为 3 层, 上层为块石层, 次圆~圆状, 分选性较好; 其下为碎石层, 次圆~圆状为主, 分选性好, 粒径一般小于 10 cm; 底层为块石层, 块径一般大于 40 cm, 大者 1~2 m, 次棱角状~次圆状为主。堆积层面走向与上游侧近一致, 倾角略缓, 约 28° 。堆积体成分以砂质板岩为主, 夹少量砂岩。堆积体含泥量低, 一般小于 3%。堆积体顶部覆有一薄层卵石层, 分选性好, 卵石一般 5~10 cm, 向雅砻江上游呈叠瓦状排列。

上下游侧均可见洪积与基岩的接触界线, 接触界线一带无明显的变形迹象, 上覆之卵石层的定向排列也显示该处堆积体后期未有明显的变形、变位。

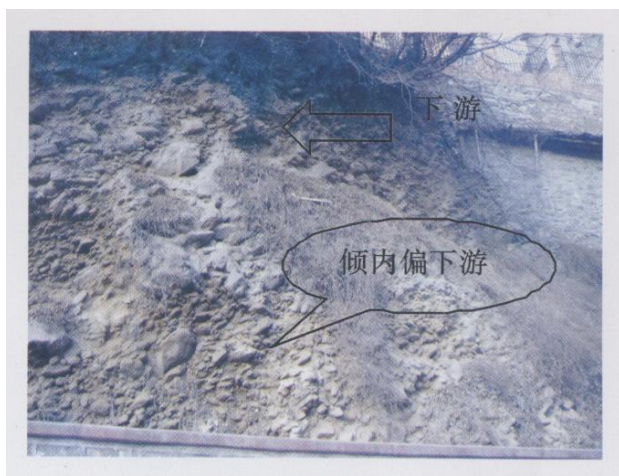


图 6 IV 区下游侧碎块石特征 (倾内偏下游)

Fig 6 The rubble characteristics in downstream side of area IV

3 洪积堆积体厘定及成因初步分析

上述堆积残体的空间分布表明, 堆积体各残体在平面分布上构成一个扇顶指向额稀沟沟口, 并向雅砻江下游发散分布的不对称扇体。

堆积残体的物质成分及结构特征表明, 额稀沟内扇顶一带堆积体具有泥石流堆积的特征, 而往扇前缘方向更具洪积物堆积特征。表现为扇顶一带堆积残体泥质含量高 (含泥量约 20%), 局部见泥包石, 堆积体分选性差, 孤块碎石杂乱堆积; 往扇体前缘部位则堆积体泥质含量逐渐降低 (含泥量约 3%), 分选性提高; 且块碎石具有倾向扇体外侧的定向堆积特征, 其中 III 区堆积体偏上游部位碎块石

倾坡内偏上游 (倾向 NE)产出, 沟口所对处碎块石倾向坡内产出, 往下游则为倾坡内偏下游 (倾 E)排列; 下游IV区堆积体, 碎块石一般倾坡内偏下游 (倾 SW)产出。

上述堆积体的总体形态及结构特征的空间变化表明, 各堆积残体为一大规模额稀沟古洪积扇的组成部分。这一古洪积扇的形成受控于额稀沟的地质地貌条件和古气候条件。

额稀沟流域 3 500 m 以上, 角峰、刃脊、冰斗、冰川槽谷、悬谷等冰蚀地貌发育。互层状结构的砂板岩体, 在冰蚀及物理风化作用下, 易产生大量冰碛物及松散碎屑物; 同时流域内沟谷以砂板岩陡倾纵向谷为主, 易发生大规模的谷坡失稳, 大量碎屑物在坡脚集聚, 堆积于宽缓谷坡之上, 或在水动力作用下在额稀沟内运移。

在末次冰期晚期, 大约 11.5 ka BP, 发生了大规模的冰雪消融, 额稀沟内堆积的大量冰碛物及松散物质, 在强大的冰水洪流作用下, 顺额稀沟向下游运移并于沟口宽阔地带堆积, 在雅砻江江水作用下, 向下游形成巨大的不规则洪积扇, 并被后期雅砻江侵蚀改造。

4 水库蓄水对堆积体库岸再造

IV区堆积体为川藏公路、雅江县城车站及居民区。牙根水库蓄水将引起该区岸坡发生库岸再造。上述堆积体成因及结构的认识, 对堆积体力学参数的选取及塌岸范围的准确预测具有重要意义。有别于冰水堆积物和崩坡积物, 本区洪积物接近右侧扇缘, 块石具倾向坡内的定向排列特征, 这一结构有利于岸坡的稳定, 因此计算参数选取时采用实验参数值中偏大者。

现场取样实验所得洪积物 (Q_3^{pi}) 天然容重为 $1.6\sim 2.13\text{ g/cm}^3$, 内聚力 (c) 为 $8\sim 17\text{ kpa}$ 内摩擦角 (φ) 为 $20^\circ\sim 27^\circ$, 塌岸预测时选取容重取 1.9 g/cm^3 , 内聚力 (c) 取 12.5 kpa 内摩擦角 (φ) 取 23.5° 。岸坡各稳定坡角亦取表 1 内中偏大值。

表 1 IV区洪积物坡角 (水位变动带内)特征一览表

Table 1 The proluvium slope angle (rang of water level variation) in area IV

物质组成	砂卵石层	块碎石、碎石土
水上稳定坡度	35~ 40	30~ 35
水下稳定坡度	13~ 17	10~ 15

采用 geo-slope软件自动搜索危险滑面和王跃敏的图解法分别对 2 587 m、2 602 m 蓄水位工况下IV区洪积物斜坡作了坍岸预测。结果 (表 2)表明, 两种预测成果所得坍岸范围相差较小, 且不同蓄水位条件下, 塌岸范围相差不大, 2 602 m 蓄水位时, 坍岸最大宽度 28 m, 仅比 2 587 m 蓄水位时坍岸最大宽度 20 m 扩大 8m 宽范围 (图 7)。

表 2 IV区洪积物岸坡坍岸预测成果表

Table 2 The result of bank caving in proluvium area IV

预测方法	蓄水位 (m)	坍岸长度 (m)	坍岸最大宽度 (m)	平均厚度 (m)	体积 ($\times 10^4\text{m}^3$)
自动搜索	2 602	250	23	8.3	2.8
	2 587	270	20	6	1.8
图解法	2 602	250	28	9.3	4.4
	2 587	270	20	5.2	1.5

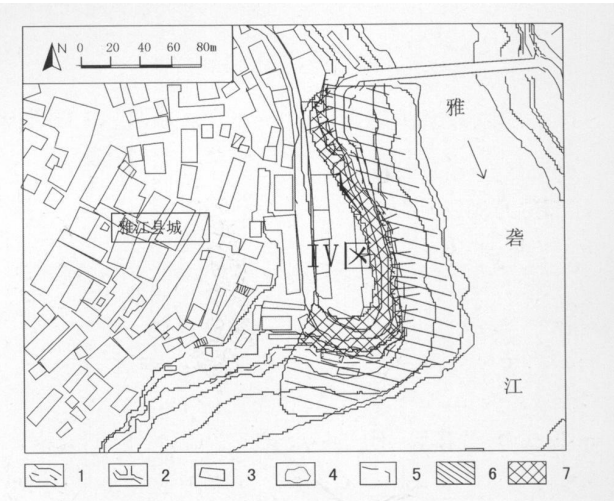


图 7 IV 区冲洪积物岸坡在不同蓄水位下的坍岸范围分布图

F ig 7 The distribution map of bank caving under different pool level in proluvium area IV

1. 河流 2. 公路 3. 房屋建筑 4. 洪积物界线 5. 蓄水位 6.
- 2 587m 水位线坍岸区域 7. 2 602 m 水位线坍岸扩大区域

5 结论及意义

1. 根据额稀沟沟口及其下游雅砻江两岸残存堆积体的总体分布形态、堆积体成分及结构的空间变化特征等, 恢复了发生于末次冰期晚期的额稀沟巨大古洪积扇。据此, 合理选取了堆积体岸坡坍岸预测的计算参数。
2. 采用 geo-slope软件自动搜索危险滑面和王跃敏的图解法, 对IV区洪积物堆积体坍岸预测, 结果

显示 2 602 m 蓄水位线工况下坍岸最大宽度 28 m 仅比 2 587 m 蓄水位线工况下坍岸最大宽度 20 m 扩大 8 m, 预测结果对牙根水库 2587 m、2 602 m 水位线比选提供了重要依据。

3. 对堆积体洪积成因的认识, 也可合理解释大量分布于雅江县城 II 级阶地之上堆积的块碎石土的成因, 对进一步从区域地质环境、河谷地貌演化角度分析评价雅江县城的环境地质条件具有重要意义。

参考文献

[1] Shen Junhui, Shen Zhongchao, Yaoqiang *et al*. The environment geological conditions and slice influence appraisal of Yajiang county Yagen hydroelectric station reservoir region along river [R]. Chengdu: Theminient room of Chengdu University of Technology, 2007: 1 ~ 163 [沈军辉, 沈中超, 姚强, 等. 雅砻江牙根水电站库区雅江

县城环境地质条件及蓄水影响评价 [R]. 成都: 成都理工大学档案馆, 2007: 1 ~ 163]

- [2] Shen Junhui, Wang Lansheng, Zhao Qihua *et al*. An assessment of debris flow in Daqiao gully, Xichang Sichuan and its injury on hydroelectric project [J]. *Journal of Chengdu University of Technology*, 2002, 27 (Suppl): 50 [沈军辉, 王兰生, 赵其华, 等. 四川省西昌大桥沟泥石流及其工程危险性评价 [J]. 成都理工大学学报, 2002, 27 (增刊): 50]
- [3] Tang Hongmei, Chen Hongkai, Jin Fajun, *et al*. Research on material sources of forming a debris flow along highways in the Meku river basin [J]. *Journal of Mountain Science*, 2005, 23 (6), 714 ~ 718 [唐红梅, 陈烘凯, 金发均, 等. 美姑河流域公路泥石流物源成因 [J]. 山地学报, 2005, 23: 714 ~ 718]
- [4] Wang Shaowu. Glacial-interglacial cycles [J]. *Advances in Climate Change Research*, 2008, 4 (1): 61 ~ 62 [王绍武, 冰期-间冰期旋回 [J]. 气候变化研究进展, 2008, 4 (1): 61 ~ 62]

Cause and Engineering Significance of Accumulation Fan in Exi Ravine at Yajiang County

LIU Weigu, SHEN Junhui, JIA Lijie, ZHANG Zhifeng, WANG Zhetao

(National Laboratory of Geological Hazard Prevention and Geological Environment Protection,
Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract Exi Ravine is first grade tributary flow of Yabngjiang locates in north of the Yajiang county. There is proluvial remained mass distributes in the toe of the Exi ditch and at the bank of Yabngjiang river in east county. Paper base on space form, material composition and structure change of the proluvial to reconstruction the great ancient flood flow happened in the last glacial. According to the composition and structural characteristics of proluvial, reasonable selection middle to maximum numerical during test parameters and using geo-slope automatic search dangerous sliding surface and graphic method of Wang Yuan in to prediction the range of bank caving after Yagen water storage, the result show that when water Level is 2 602 meters, the width of bank caving is 28 meters, only enlarge 8 meters compare with water Level is 2 602 meters, which the width of bank caving is 20 meters. The research will directly be used in safety evaluation of Yajiang county, delineation of relocation range and selections of Yagen pool level between 2 602 meters and 2 587 meters, and also has important significance to evaluate the environment geological conditions of Yajiang county.

Key words Exi Ravine, ancient proluvial fan, cause, prediction bank caving