

# 白水江横丹水电站杜家山滑坡特征及稳定性分析

谢 晔, 聂德新

(成都理工大学环境与土木工程学院, 成都 610059)

**摘 要:** 在研究白水江横丹水电站杜家山滑坡的工程地质条件及滑带土的基本特征的基础上, 对滑坡的稳定性进行了分析和评价。根据对滑坡的现场调查以及滑带土样品的试验值, 确定了计算滑坡稳定性及剩余滑坡推力的抗剪强度参数, 在不同工况下对滑坡体进行稳定性计算, 结果表明滑坡整体在各种条件下是稳定的, 次级滑坡体也处于稳定状态。

**关键词:** 白水江; 稳定性; 现场调查; 抗剪强度参数

中图分类号: P642.22

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)03-0043-02

## Stability Analysis of Dujiashan Landslide in Hengdan

XIE Ye, NIE De-xin

(College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Chian)

**Abstract:** Based on the study of engineering geology condition and basic properties of landslide soil, the stability of Dujiashan landslide on Baishui River in Hengdan county is analyzed. According to the local investigation and the test data of soil sample, the parameter of the landslide's stability and anti-shearing strength parameters were got. The result of the stability of the main landslide and the sub-landslide under different conditions were calculated. The results show that the main landslide is stable in different conditions while the sub-landslides are stable, too.

**Key words:** Baishui River; stability; local investigation; anti-shearing strength parameters

横丹水电站位于甘肃省文县横丹镇嘉陵江二级支流白水江上, 系白龙江、白水江流域规划的梯级电站之一, 为闸坝引水式电站, 引水渠选在白水江右岸杜家山坡脚地带, 山外侧距白水江江边 100 m 左右, 山内侧从杜家山滑坡前缘内通过。水渠建成运行后, 滑坡前缘将受到渠水下渗的影响, 造成滑体的饱和水和部分滑带土含水量的变化, 这些变化对滑坡稳定性的影响程度如何, 直接关系到引水渠线的布置和电站运行的安全问题。因此, 对杜家山滑坡的稳定性进行评价是非常重要的。

### 1 工程地质概况

#### 1.1 地形地貌条件

横丹水电站及邻近地区, 大地的地形地貌单元上属于秦岭南侧摩天岭中高山区, 区内地形、地貌受构造及河流发育的影响, 山势陡峻、谷深水急, 地形坡度多在 40° 以上, 谷坡高度多在 700~1000 m, 形成典型的“V”字型河谷, 除宽度极为有限的河流阶地外, 区内极少有平地, 具有典型的中高山地形地貌特征。

#### 1.2 地层岩性

工程区内绝大部分为元古界长城系碧口群地层 (Chbk), 局部地段有少量志留系、泥盆系地层及岩浆分布。长城系碧口群 (Chbk) 为海相火山复理石建造, 广泛出露于文县一汉坪咀一碧口一带, 地层总体呈 NE-SW 向展布, 分下、中、上三个岩组, 主要岩性为变质凝灰岩、砂质板岩、泥质板岩、变质砂岩等, 局部夹石英岩和大理岩。

#### 1.3 地质构造及地震

区域构造格架主要为 WE 向构造, 东侧为龙门山断裂带主干断裂青川断裂, 北侧为秦岭构造带, 区域西部为近南北向的岷江断裂。工程所在的摩天岭构造带, 历史上未发生过 6 级以上地震, 现代记录的地震均在 3~4 级, 最大不超过 4.9 级。属于地壳稳定性较好的地块, 地震基本度为 Ⅱ 度。

### 2 滑坡体的基本特征

#### 2.1 滑坡体的空间形态

滑坡区位于白水江右岸, 上游有杜家沟、香子沟, 下游有黄家坪沟, 黄家坪下游为白水江弯曲发育形成的单薄山梁, 除滑坡地势坡度稍缓外, 其余均为较陡的河谷斜坡。杜家沟在香子沟上游, 长度在 5 km 以上, 常年有流水, 杜家坪后部的洪积扇为该沟形成, 该沟从滑坡后缘山梁背后发育, 沟谷两岸坡度在 40~50°。滑坡前缘为人工填平的农田, 高程 803 m, 后缘高程 1260 m, 高差 400 m, 破裂壁处高程 1300~1350 m, 高处一级分水岭高程在 1600 m 以上。滑坡区地表除下游区黄家坪地段有小冲沟发育外 (图 1), 其余地段仍保持滑坡原貌地形。滑坡区后部地形较平, 有 8 级平台构成, 这些平台后缘均为较整齐的台坎, 不完全象滑坡形成时的拉裂缝错落造成, 而应是本区因农田少, 人们利用滑坡形成时的错落台阶经改造的人工梯田, 早期在后缘住的多户农民就以这些土地为生。滑坡区中前部高程 1050 m 以下, 地形较陡, 坡度由后部的 15° 左右变为 30° 左右。滑坡体前部为河漫滩。

### 2.2 滑体特征

滑坡在平面上象一不对称扇形,后缘有较明显的圈椅状地形。上、下游侧滑坡边界清楚,为较大的冲沟。滑坡前部宽度 800 m,中部宽度 650 m,后部宽度 200~ 240 m,纵向长度 900 m,最厚处厚度 150~ 160 m,滑坡体体积  $2.100 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

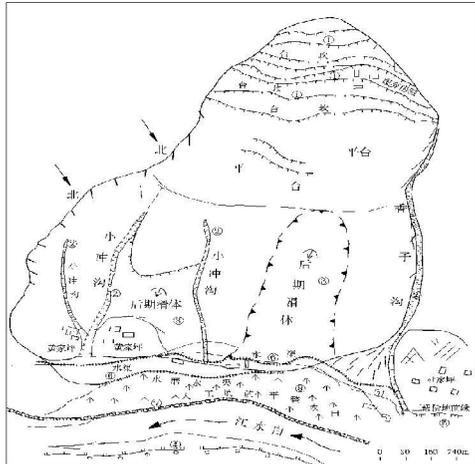


图 1 杜家山滑坡平面图

滑坡的主体为长城系岩层下滑时解体的板岩碎块构成,滑坡体表部堆积的黄土状粉土夹少量碎石,厚度 2~ 5 m。滑层岩体为长城系板岩,局部夹有片岩,滑坡体前缘至白水江为冲积卵砾石层。

### 3 滑坡成因机制分析

横丹电站坝址区位于碧口—太平川复背斜的北西翼或老鱼山复向斜的南东翼,地层为层状结构明显的长城系副变质板岩夹少量片岩,在滑坡区岩层走向与河流呈大角度相交,滑坡的上、下游冲沟都是基本上顺层发育的。因此层状结构的岩性及层间弱带,对滑坡体上下游边界的形成或临空面的形成提供了基础条件。现场对滑坡区周边岩体中的结构面测量成果表明,横向斜坡中较大结构面(裂隙或小断层)比较发育,其中可孕育成滑面的倾向 NE 组裂隙在后缘及上游边界都较发育,现场调查长的可以达到数十米,成为斜坡岩体中断续延伸倾向坡外的结构面。因此,在强大的自重应力作用下,贯通构成滑动面,滑坡随之产生。因此,该滑坡变形破坏机制属于蠕滑—拉裂。

### 4 滑坡稳定性评价

#### 4.1 定性分析

通过现场调查表明:(1)滑坡后缘、后部、中部、前部未见到任何拉裂缝;(2)滑坡后缘遗弃的民房墙体直立、完整,表部未曾受过大的不均匀变形影响;(3)各级台坎——现为梯田的田坎,未见任何拉裂缝、倾斜变形状况;(4)滑坡前缘的多户农民住房未有任何变形、拉裂现象;(5)滑坡前缘 196 年修的水渠,40 年来流水正常,未出现任何变形迹象;(6)通过对当地老乡的现场访问,1955 年洪水期间以及 20 世纪 704

参考文献:

[1] 张倬元,王士天,王兰生. 工程地质分析原理[M]. 北京:地质出版社,1994.  
 [2] 巨能攀,杨建国,黄润秋. 108 国道新店子滑坡稳定性评价及治理设计[J]. 地质灾害与环境保护,2001,12(1):54- 58.  
 [3] 曹金亮,魏放. 石太铁路下行 K135 滑坡稳定性评价及防治研究[J]. 地质灾害与环境保护,2005,16(1):31- 34.  
 [4] 聂德新,谢晔,韩爱果,等. 白水江横丹水电站杜家山滑坡稳定性评价[R]. 成都理工大学,2003.  
 [5] 柴贺军,刘汉超,张倬元,等. 黑河金盆水库坝址右岸滑坡稳定性分析与评价[J]. 地质灾害与环境保护,2000,11(4):302- 305.

年代地震时滑坡也未见大的变形及破坏迹象。

因此,从上述的各种状况可以认为杜家山滑坡为一已固结、稳定的古滑坡,且没有复活的迹象。

#### 4.2 定量评价

##### 4.2.1 参数的选取

为了获得滑带土的强度参数,采用以下方法:在室内将试样制成接近天然含水量、密度和较天然含水量稍高、稍低的多个试样开展剪切试验,先得到不同含水量、干密度试样的摩擦系数、内聚力。然后用多组试样的强度参数分别建立含水量与摩擦系数( $f$ )、内聚力( $C$ )的关系式,在建立起较可信的关系式后,以试样的原位天然含水量代入该式得到强度参数。参数取值见表 1。

表 1 滑带土强度参数取值

评价方式	滑面强度参数	
	$f$	$c/kPa$
用滑带土物理指标并考虑部分滑带土饱水	0.505	50.3
用稳定性系数 $K=1.1\sim 1.2$ 反算滑面强度参数	0.50	8 个量值平均 50.72
选取	主滑面	0.50
参数	次滑面	0.48

##### 4.2.2 计算工况的确定

由于在参数取值时已计入后部滑带土的部分饱水,加上滑坡周边排水条件较好,因而不行另行选取暴雨条件下的参数;将拟修建的水渠纳入条分中,由于水渠宽度仅数十米,高度不到十米,对于长度 800 m 的滑坡来讲是很小的;计算时采用“开挖”方式形成渠道,用水位来模拟未来渠道的运行状况;地震系数按 7(烈度取  $K_{cc}=0.125$ 。

##### 4.2.3 计算结果与稳定性评价

根据前的参数取值对三条剖面进行计算,得出该滑坡稳定性较好,主滑体在地震条件下布置引水渠时的稳定性系数为 1.09~ 1.39,次级滑体的稳定性系数为 1.04~ 1.18。

### 5 结语

通过对杜家山滑坡的勘探、现场地质调查、室内试验和计算分析,可以对此滑坡作出以下总的的评价:

- (1) 杜家山滑坡为一大型( $2.100 \text{ 万 m}^3$ )岩质古滑坡,滑坡边界清晰,地貌上具有明显的圈椅状特征。
- (2) 杜家山滑坡为发育在横向层状斜坡的滑坡,形成机制为蠕滑——拉裂型。
- (3) 根据现场调查及访问当地居民,杜家山滑坡无论是滑坡后缘、后部、中部、前部、前缘均未发现明显的变形迹象。在洪水浸泡前缘、地震等条件下滑坡无明显变形现象,表现出古滑坡固结、稳定的特征。

(4) 用传递系数法计算了滑坡的稳定性,主滑体在地震条件下布置引水渠时的稳定性系数为 1.09~ 1.39,次级滑体的稳定性系数为 1.04~ 1.18。可以认为杜家山滑坡稳定性较好,只要作好施工时的地质工作,横丹电站发电引水明渠可以从滑坡体前缘通过。