

某水电站左岸近坝堆积体发育特征及稳定性评价

叶 斌, 冯文凯, 石豫川, 刘宏力
(成都理工大学环境与土木工程学院, 成都 610059)

摘 要:库岸边坡的稳定性对电站的施工和运营均有重大影响。研究的堆积体位于怒江下游某水电站近坝库段, 其稳定性如何直接关系到坝址的选择和设计, 因此有必要对其进行分析研究。在对堆积体发育特征及成因机制的研究基础之上, 对其稳定性作了定性和定量的评价, 为坝址选择、设计与施工提供了可靠依据。

关键词:堆积体; 成因机制; 发育特征; 稳定性评价

中图分类号:TV742; TV871

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)01-0278-03

Developed Characteristics and Stability Evaluation of Debris Nearby Dam Site on the Left Bank of a Hydropower Station

YE Bin, FENG Wen-kai, SHI Yu-chuan, LIU Hong-li

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

Abstract: The stability of the side slope in reservoir influences constructing and operating of hydropower station significantly. The stability of the debris which is nearby dam site is relating to the selection and design of the dam, so it worth researching. The authors evaluate the stability of it from qualitative and quantitative analysis based on the research of developed characteristics and the genetic mechanism. It will provide credible evidence for selecting, designing and constructing of the dam.

Key words: debris; genetic mechanism; developed characteristics; stability evaluation

堆积体位于云南省某拟建水电站坝址上游近 2.5 km, 河流左岸, 总体积约 175 万 m^3 。由于该堆积体距离坝址仅 2.5 km, 一旦失稳, 将对大坝的安全产生较大的影响^[1]。因此, 对其形成及破坏机制、发育特征及稳定性状况进行分析和评价, 为设计提供强有力的依据显得非常重要。本文作者通过野外实际调查, 在对堆积体发育特征进行认真研究的基础上, 对其稳定性现状及蓄水后稳定性情况进行了分析预测。

1 环境地质条件

工程区位于云南高原西部边缘, 属滇西纵谷山原区地貌单元, 总体地势北高南低、西高东低。两岸地形切割较剧烈, 为中山峡谷地形, 谷坡 40°~50°, 横断面呈“V”字型。堆积体位于河谷左岸。左右两岸均有公路相通, 公路高程 630 m 左右。河流方向为 S40°W, 枯水期河水位高程为 610 m。

堆积体出露地层主要为古生界(PZ)的中上志留统(S_{2-3}): 主要分布在该河段中部, 主要岩性为含砂质泥质微晶灰岩、钙质板岩和砂岩, 岩层产状: $N5^\circ \sim 10^\circ W / NE \angle 65^\circ \sim 85^\circ$;

该河段内南北向构造发育, 与河流左岸坡体走向小角度相交。

据坝址区场地地震安全性评价结果, 其 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度为 227.5 gal, 相应地震基本烈度为 Ⅵ 度。

2 堆积体特征及成因机制分析

2.1 堆积体形态特征

堆积体前缘高程约 615 m, 后缘高程约 1 050 m, 平均厚度约 12.5 m, 体积约 175 万 m^3 , 蓄水位 665 m 高程以上约 140 万 m^3 (图 1)。堆积体前缘怒江河道顺直, 河流冲刷作用

相对较强。

堆积体坡面产状为 $N42^\circ E / NW \angle 35^\circ \sim 45^\circ$, 地形坡度较陡。堆积体周界清晰, 后缘以基岩陡坎为界, 前缘江边基岩出露; 南、北侧均以冲沟为界, 两侧冲沟切割均很浅, 未见基岩露头。坡体表面发育两条深切冲沟, 导致坡形不完整。冲沟在暴雨、重力崩塌、溯源侵蚀及地震作用下还在继续遭受破坏。以两条沟为界, 将堆积体从上游至下游划分为 Ⅰ区、Ⅱ区和 Ⅲ区。

Ⅰ区 崩坡积物(Q_4^{col+dl})。主要由棕红色、暗灰色灰岩、砂岩块碎石夹粉质黏土组成, 固结较好。堆积体厚度 2~8 m, 碎块石含量约 60%~70%, 粒径以 5~15 cm 为主, 呈弱风化状, 固结较好, 结构较密实, 级配一般。根据勘探揭露, 基岩与第四系松散堆积体的界线在线在 +8 m 处, 下伏岩体倾倒变形明显。

Ⅱ区 崩坡积物(Q_4^{col+dl})。主要由灰黄色的灰岩和板岩夹粉质黏土组成, 泥质胶结, 结构较松散, 堆积体厚度 10~20 m, 碎块石含量 30%~50%, 碎块石粒径一般 3~8 cm, 局部粒径大 20 cm。在南侧深切冲沟后缘可见松散堆积体与基岩的分界线, 界面上无软弱夹层且未见错动迹象。

Ⅲ区 崩坡积物(Q_4^{col+dl})。主要由灰、灰黄色的砂岩、灰岩和板岩夹砂质黏土构成, 泥质胶结, 堆积体厚度 16~28 m, 碎块石含量为 55%~70%, 固结较好, 结构较密实。碎块石粒径一般为 3~25 cm 为主, 局部块石粒径可达 40~60 cm, 偶见粒径为 1.5 m 的大块石, 局部有倾倒变形的似层状岩体分布。

2.2 变形破坏特征

根据地面地质调查及勘探成果, 该堆积体后缘无拉张裂缝, 前缘部分未见隆胀变形, 坡体中部也无横张裂缝发育。

* 收稿日期: 2006-03-23

作者简介: 叶 斌(1981-), 男, 硕士研究生, 主要研究岩土体稳定性及地质灾害评价与预测。

这些现象充分说明滑坡堆积体整体稳定性较好。由于冲沟深切,边坡高陡,冲沟两侧陡壁崩塌破坏现象比较普遍。尤其是在 区,由于处于两条深切冲沟之间,崩塌现象比较严重,局部稳定性较差。

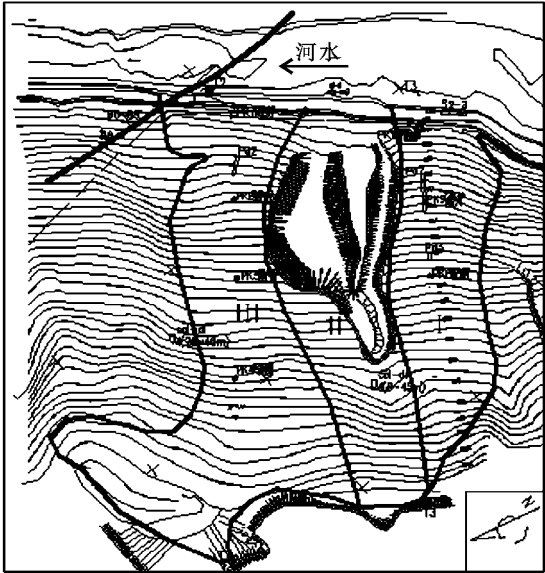


图 1 堆积体平面图

2.3 成因机制及影响因素

斜坡稳定性的系统工程地质分析理论表明^[4]:边坡的变形破坏是边坡在自然历史过程中经历长期变形破裂演化,并在外营力影响下所发生的。因此,评价堆积体目前的稳定状况并预测其未来变化趋势的前提,是必须查明堆积体所处边坡过去的变形破坏历史及控制这一历史的各种地质因素及其变化,从而为堆积体稳定性评价提供有关发育条件及发育过程、边界条件、失稳破坏方式等信息,即变形破坏机制分析。

堆积体所处河段岸坡岩层走向与坡面走向交角为 47°~52°。因此岸坡结构类型主要为斜向坡,且构成陡倾外层状边坡,不具备产生大规模滑坡的环境地质背景,堆积体主要由崩塌堆积形成。

虽然堆积体所处河段岸坡结构类型主要为斜向坡,不具备产生大规模滑坡的环境地质背景。但伴随地壳抬升,岩体中构造应力的释放,在浅表层发生卸荷回弹变形,使得浅表层岩体产生拉张破裂,原有结构面扩展破坏,并产生新的表生结构面,为地下水的入渗提供了良好的通道,使得结构面的强度进一步恶化。随着抬升运动的不断进行,河谷深切,岸坡高度不断增加,上述作用的影响将更加突出。在自重应力的长期作用下,岩体追踪软弱结构面发生蠕滑变形,加之

高频率地震的反复作用,导致岸坡岩体松动。处于临界状态的高陡岩质岸坡,在地震或暴雨的触发下最终导致左岸边坡的崩塌失稳。

3 堆积体稳定性分析

3.1 定性分析

由于堆积体三个区的稳定状况差异较大,下面分别进行宏观分析:

区 该区地表植被茂盛,块碎石具有架空现象,因此坡体具有良好的排水条件。坡体表面没有明显的变形迹象。因此该区天然状态下整体稳定,受北侧深切冲沟影响,局部稳定性相对较差。

区 该区夹持于两条深切冲沟之间,目前垮塌现象比较严重,冲沟后缘不断垮塌并向山顶蔓延。天然状况下,该区堆积体整体稳定性相对较差,局部稳定性差。

区 该区植被茂盛,乔木发育,堆积体无明显变形破坏迹象,并且地表排水较畅,天然状态下整体及局部稳定性均较好。水库蓄水至 665 m 高程时,坡体下部约 45 m 范围土体长期浸泡在水中,土体强度大大降低,三个区堆积体的整体稳定性和局部稳定性将受到较大影响,其中对 区的影响最大。

3.2 定量计算

根据极限平衡原理,采用一般条分法、毕肖普法及摩根斯坦-普赖斯法对各区稳定性进行计算,本文计算结果采用上述 3 种方法的平均值。

计算参数(表 1),采用室内试验、工程类比^[3],及参数反演 3 种方法确定。

根据《水电枢纽工程等级划分及设计安全标准》(DL5180- 2003),结合该水电站的工程特征,堆积体主要考虑以下 4 种工况:

- (1) 天然状况,分别考虑暴雨条件下和不考虑暴雨两种情况;
- (2) 基本组合(正常运用),水库蓄水 665 m 高程。稳定性系数 $K \geq 1.15$ 时安全;
- (3) 特殊组合 a,水库蓄水 665 m 高程,同时考虑暴雨条件。稳定性系数 $K \geq 1.05$ 时安全;
- (4) 特殊组合 b(非常运用),水库蓄水 665 m 高程,同时考虑地震作用。稳定性系数 $K \geq 1.05$ 时安全。

表 1 堆积体稳定性计算参数取值表

位置	$\gamma/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$		C 值/kPa		Φ 值/ $^{\circ}$	
	天然	饱水	天然	饱水	天然	饱水
区	21.2	22.8	70	50	38	36
区	20.9	22.6	60	40	35	32
区	21.5	23.2	70	50	38	36

计算剖面模型如图 2~ 4 所示,计算结果见表 2。

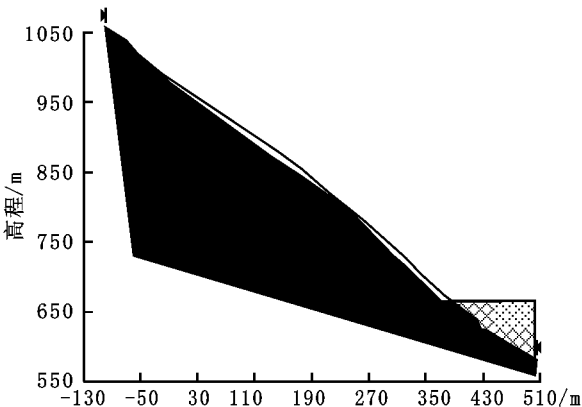


图 2 区计算剖面模型

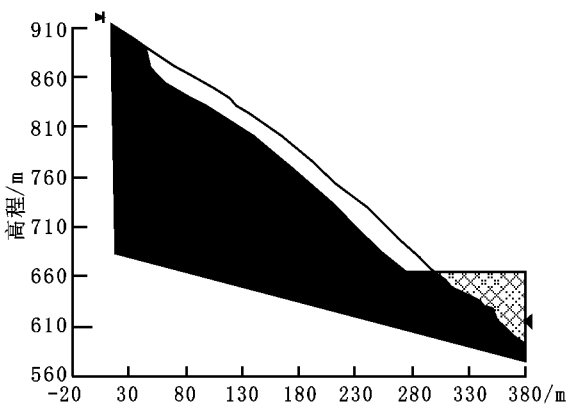


图 3 区计算剖面模型

表 2 堆积体稳定性计算结果汇总			
计算工况	Ⅰ区	Ⅱ区	Ⅲ区
天然	1.671	1.110	1.483
天然+ 暴雨	1.550	1.050	1.413
天然+ 地震	1.182	0.759	1.004
665 m 蓄水位	1.631	1.063	1.434
665 m 蓄水位+ 暴雨	1.567	1.008	1.360
665 m 蓄水位+ 地震	1.072	0.706	0.955

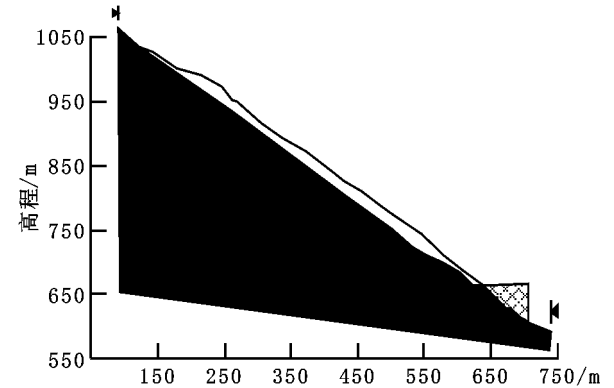


图 4 Ⅲ区计算剖面模型

计算结果表明:

(1)天然状况下 Ⅲ区稳定性处于极限平衡状态,Ⅰ、Ⅱ区稳定性系数都大于 1.4,稳定性较好。

(2)由于地表及坡体内排水通畅,暴雨对堆积体稳定性影响较小,稳定性系数降低幅度一般在 0.1 左右。

参考文献:

[1] 宋彦辉, 聂德新. 黄河上游某电站 I# 滑坡稳定性分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2002, 13(2): 25– 30.

[2] 孔德坊. 工程岩土学[M]. 北京: 地质出版社, 1992.

[3] 石豫川, 冯文凯, 单志钢. 某多期次巨型滑坡危害程度预测评价[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2004, (3): 226– 232.

[4] 张倬元, 王士天, 王兰生. 工程地质分析原理(第二版)[M]. 北京: 地质出版社, 1994.

(上接第 277 页)

部位的含量低于对照 18.56~ 11.95%。填土部位各层的土壤养分含量均较高,而切土部位仅表层土养分含量较高,底土层的养分十分贫乏(表 4)。

表 4 土壤养分含量表					
试区	土层厚 / cm	水解氮/ (mg · 100 g ⁻¹)	速效磷/ (mg · 100 g ⁻¹)	速效钾/ (mg · 100 g ⁻¹)	有机质 / %
切土部位	0~ 10	53.00	9.33	55.85	3.00
	10~ 20	39.63	6.60	47.41	3.23
	20~ 30	26.43	3.07	34.65	2.40
	30~ 40	21.35	1.52	25.16	1.75
	平均	35.10	5.13	40.77	2.60
填土部位	0~ 10	53.16	10.26	58.00	3.60
	10~ 20	49.52	9.00	49.90	3.70
	20~ 30	41.98	6.76	42.23	3.20
	30~ 40	48.65	8.66	52.37	3.25
	平均	48.32	8.67	50.62	3.44
对照	0~ 10	53.28	9.86	55.44	3.55
	10~ 20	43.58	6.79	50.37	3.40
	20~ 30	33.95	3.82	43.46	3.20
	30~ 40	28.65	3.12	37.56	2.60
	平均	39.86	5.90	46.70	3.19

参考文献:

[1] 刘运河, 唐德富. 水土保持[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1988.

(3)水库蓄水至 665 m 时,堆积体坡脚 50~ 55 m 范围内的土体长期浸泡在水中,其力学强度有所降低。水库蓄水导致稳定性系数降低幅度在 0.05 左右,其影响小于暴雨。

(4)本区地震烈度高达Ⅵ度,地震对各堆积体的稳定性影响非常大,稳定性系数降低幅度达 0.3~ 0.4 以上。天然条件下考虑地震时,Ⅰ区稳定,Ⅱ区处于不稳定状态,Ⅲ区处于极限平衡状态。

(5)水库蓄水至 665 m 并考虑地震时,Ⅲ区处于极限平衡状态,Ⅰ、Ⅱ区均失稳。

4 结 论

通过上述堆积体发育状况描述及稳定性的定性分析和定量计算可以得出以下几点认识:

(1)堆积体是在构造应力、自重应力、地壳抬升及高强度地震等共同作用下形成。由于坡体物质岩性不一,存在松动层,在地震作用下形成了两条深切冲沟,冲沟在溯源侵蚀和自重力作用下不断垮塌,造成堆积体本身的内能消耗,对整体稳定性起到积极作用。

(2)由于地下水位比较低,且表面和坡体内部排水均通畅,因此地下水对堆积体的稳定性影响比较小。

(3)堆积体长期以来整体稳定性较好,表现在堆积体内部块碎石夹黏土固结较好,坡体表面及内部排水条件良好,除冲沟附近外地表没有明显变形迹象。

(4)计算分析表明,在不考虑烈度为Ⅵ度地震影响时,Ⅲ区处于极限平衡状态,Ⅰ、Ⅱ区均处于平衡状态,稳定性系数均大于 1.4。若考虑地震影响时,蓄水工况下,Ⅰ、Ⅱ区将处于极限平衡状态,Ⅲ区很不稳定,有必要对其采取工程处置措施。