

# 三峡工程康家咀滑坡区库岸塌岸预测分析

刘玉国<sup>1,2</sup>, 伍志石<sup>2</sup>, 康爱华<sup>3</sup>

(1. 成都理工大学环境与土木工程学院, 成都 610059;

2. 南江水文地质工程地质队, 重庆 401147; 3. 天津市地质矿产测试中心, 天津 300191)

**摘要:** 水库塌岸(岸坡再造)是影响三峡水库移民工程安全的重大地质灾害问题。三峡库区蓄水后,库岸防护问题尤其是城镇库岸防护安全问题变得日益突出,以重庆开县为例,探讨该段岸坡变形破坏的特征及其形成原因,并进行了塌岸预测和提出了治理方法。

**关键词:** 三峡工程; 塌岸预测分析; 边坡稳定性

中图分类号: P642.22

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)01-0270-02

## Approximate Forecasting Methods for Reservoir Bank Destruction and Shore Protection

LIU Yu-guo<sup>1,2</sup>, WU Zhi-shi<sup>2</sup>, KANG Ai-hua<sup>3</sup>

(1. College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. Nanjiang Hydrological and Engineering Geology Brigade, Chongqing 401147, China;

3. Tianjin Geology and Mineral Test Center, Tianjin 300191, China)

**Abstract:** Along with the implementation of the water storage engineering and migration settlement from Three Gorge Reservoir, protecting the reservoir bank landslide is becoming more and more important. Taking the sector of Kaixian county, Chongqing province, as an example, the characteristics of bank deformation, destruction and its forming cause are studied. The forecast of reservoir bank landslide is carried out and the preventive methods are put forward.

**Key words:** the Three Gorges reservoir; reservoir bank collapse prediction and analysis; slope stability

### 1 前言

三峡工程康家咀滑坡区库岸位于开县东河左岸,全长约 2 km,距三峡水库大坝坝址 367.8 km,距河口 75.7 km,距开县县城 3.7 km,其物质组成主要为粉质黏土、黏土夹砂岩块碎石,土体结构较密实,库岸坡度 11~24°,根据其物质组成及岸坡坡度,该库岸为滑坡堆积缓坡型库岸。

三峡水库蓄水后水库正常蓄水位高程 167.36 m,水库蓄水后将淹没该库岸段。为保证民众生命财产安全,须对库岸堆积体进行塌岸预测。

### 2 库岸基本工程概况

库岸分段的基本原则主要从以下三个方面来考虑:根据岸坡的不同结构类型进行分段;根据岸坡剖面的不同形态进行分段;根据岸坡不同的地形坡角进行分段。

根据上述分段原则,本库岸共分成 3 段,均为土质岸坡,其工程地质特征分述如下:

段:起于康家咀滑坡前缘右侧边界溪沟内,止于康家咀滑坡前缘中部人渡,库岸线长约 1.1 km,平面呈弧线型。地形坡角 8~24°。本段地下水露头多,主要为湿地及小泉,滑坡变形强烈。

段:起于康家咀滑坡前缘中部人渡,止于康家咀滑坡

前缘勘察钻孔 ZK63 孔位南东约 20 m 处,库岸线长约 0.6 km,平面呈近直线型,地形坡角 6~20°,为滑坡前缘斜坡地带。本段地下水露头较多,主要为湿地及小泉,滑坡变形一般强烈。

段:起于康家咀滑坡前缘可研阶段勘察钻孔 ZK63 南东约 20 m 处,止于康家咀滑坡前缘左侧边界溪沟内,库岸线长约 0.3 km,平面呈弧线型,为滑坡前缘斜坡地带与一级阶地后缘过渡地带。一级阶地阶面平缓,地形坡角一般 3~5°,在一级阶地前缘岸坡地带,地形坡角 18~25°。本段滑坡变形一般强烈,无地下水露头。

上述三段岸坡的土层主要分为两层,上层主要由 Q<sub>4</sub><sup>del</sup> 粉质粘土夹碎块石构成,结构松散-较密实,厚 3.02 m~27.50 m。下层主要由 Q<sub>4</sub><sup>alt-pl</sup> 粉质黏土夹卵砾石构成,无明显的二元结构,结构较密实,厚度为 0.5~28.55 m。下伏基岩为 J<sub>2s</sub> 灰色砂岩,岩层倾角 4°,倾向坡外,基岩面呈起伏状。

### 3 塌岸预测与评价

#### 3.1 塌岸类型及主要影响因素

由于本库岸属土质岸坡,土层厚度总体较厚,地形坡度较陡,且岩层倾角较平缓,发育裂隙多属陡倾裂隙。因此,本段库岸的塌岸类型主要为土质岸坡坍塌型。

若三峡水库蓄水,有可能造成库岸塌岸,具体体现在以

\* 收稿日期: 2006-03-20

作者简介: 刘玉国 (1975-), 男, 硕士研究生, 主要从事岩土工程勘察与岩土体稳定性研究工作。

下几个方面:

(1) 地形地貌:

开县东河库岸段在本段库岸坡度均较陡, 由于库岸相对高差较大, 且库岸坡度较陡, 一旦水库蓄水后, 易发生塌岸。

(2) 地质结构:

由于库岸斜坡中上部主要由厚层第四系粉土、粉质黏土组成, 岸坡地带植被不发育, 水库蓄水后, 本库岸段易发生塌岸。

(3) 水文气象因素:

三峡水库蓄水后, 库岸土层在侵蚀、浪蚀和冲刷作用下, 易发生塌岸。

(4) 水文地质条件的影响: 由于地下水顺着土体下渗, 地下水水位以下土体呈饱和状, 在地下水的长期浸润作用下, 若水库蓄水后, 库岸地带地下水上升, 使库岸土体湿度加大, 土体中静水压力增加, 将会造成岸坡滑动, 对库岸不利。

3.2 各库岸段塌岸破坏方式及预测评价

根据土体的破坏模式, 对岸坡坡度大的不同库岸段( 1-1、2-2、3-3) 选取代表性剖面, 1-1、2-2、3-3; 由于岸坡已存在滑面, 故本次预测评价沿滑面采用折线滑动法分别进行稳定性计算。

经稳定性计算, 1-1 剖面位置在饱和状态下稳定性系数为 1.31, 处于稳定状态; 2-2 剖面位置在饱和状态下稳定性系数为 0.84, 将处于失稳状态, 3-3 剖面位置在饱和状态下稳定性系数为 1.06, 处于基本稳定状态。

根据上述对土层厚度较大地段的代表性断面进行的折线法计算, 计算结果表明, 除勘查区北侧 1-1 段岸坡在饱和状态下一般不会出现整体折线滑动外, 其余段岸坡基本可能会产生整体折线滑动。但是, 由于三峡水库蓄水后, 岸坡土体在库水的长期浸泡和浪蚀作用下, 3-3 段岸坡的稳定性也难以保证, 可能产生坍塌, 形成库岸再造。

目前, 主要的预测方法包括卡丘金法、佐洛塔寥夫法和平衡剖面法 3 种<sup>[5]</sup>。为具体预测塌岸的宽度, 采用两种方法, 即卡丘金图解法和卡丘金计算方法对库岸再造进行预测<sup>[7]</sup>。评价指标的确定主要根据野外调查、实测资料和试验资料, 并参照该区的经验值综合取值。

3.2.1 图解法

预测时采用长江天然状态下洪、枯水位变幅带有关土质的稳定坡角, 类比库水位变幅带同类土质的稳定坡角, 库区大量调查经验指标综合确定水位变动带的稳定坡角。水下和库水位以上的岸坡稳定坡角根据岩土物理力学性质, 岸坡现状调查统计, 结合前勘及库区大量调查经验指标综合确定。各类土坡角参数的取值见表 1。

表 1 土石体库岸塌岸岸坡坡角采用值

序号	土体名称	水上稳定坡角( $\beta$ )/°	水位变动带浪蚀范围 内坡角( $\alpha_2$ )/°	水下稳定坡角( $\alpha_1$ )/°
1	块碎石土	20	12	15
2	粉质黏土	15	9	12
3	卵石土	20	8	10

根据表 1 图解参数, 各段图解示意图及图解结果详见表 3(各段库岸塌岸宽度预测评价表), 从图 1 图解预测结果可以看出, 本段库岸预测塌岸宽度为 0~48.35 m。

3.2.2 计算法

$S = N [(A + hp + hb) \cdot ctg\alpha + (hs - hb) \cdot ctg\beta - (A + hp) \cdot ctg\gamma]$   
式中:  $S$ ——预测塌岸的最终宽度(m);  $N$ ——与土的类型有关的经验系数, 取 0.85;  $\alpha$ ——水位变动带及波浪影响范围所形成的稳定坡角(°);  $\beta$ ——水上土层岸坡的稳定坡角(°);

$A$ ——水位变化幅度(m);  $\gamma$ ——原始岸坡坡度(°);  $hp$ ——波浪冲刷深度相当于波高(0.5 m)的 1~2 倍, 取 1.0 m;  $hb$ ——浪击高度, 按式  $hb = 3.2K \cdot h \cdot \tan\alpha$  计算, 为 0.17 m;  $hs$ ——正常高水位以上岸坡的高度(m)。

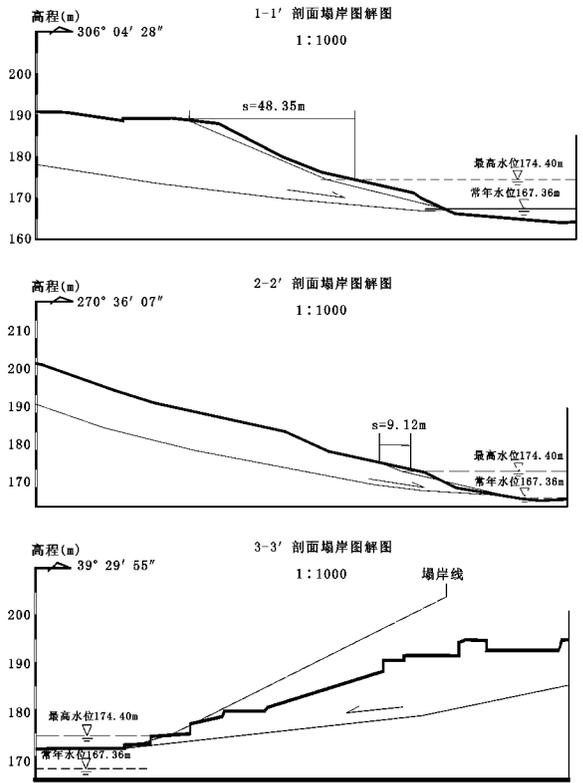


图 1 各剖面塌岸图解图

根据计算公式, 计算得出本段库岸预测塌岸宽度 16.58 ~ 41.47m(详见表 2 各库岸段塌岸宽度计算结果一览表)。

表 2 各库岸段塌岸宽度计算结果一览表

编号	A	N	H <sub>p</sub>	H <sub>b</sub>	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	H <sub>s</sub>	S
7.04	0.85	1.0	0.17	12	20	16.9	13.50	41.47	
7.04	0.85	1.0	0.17	12	20	11.3	10.90	23.69	
7.04	0.85	1.0	0.17	12	20	13.5	5.40	16.58	

根据上述图解法和卡丘金公式计算法预测的塌岸宽度预测结果可以看出, 两种预测方法预测的塌岸宽度相差较大(详见表 3), 考虑到计算法用的均质土层与实际情况(两层)有所出入, 并且图解法与实际调查的结果基本一致, 所以最终采用图解法的结果。

表 3 各段库岸塌岸宽度预测评价表

分段编号名称	塌岸预测宽度/m			综合评定概括
	图解法	计算法	综合确定	
段	48.35	41.47	48.35	弧线形剧烈塌岸型土质岸坡
段	9.12	23.69	9.12	直线形一般塌岸型土质岸坡
段	0	16.58	0	弧线形表层坍塌型土质岸坡

3.3 治理措施建议

在 1-1 段采取抗滑治理的前提下, 将坡面整平, 采用防浪蚀、冲刷的片石护面。在护坡脚脚直修筑慢石铺砌式基础, 在 177.00 m 位置修建重力式挡墙支挡; 2-2 段在 177.0 m 位置设置挡墙, 挡墙基础应置于粉土或粉质黏土层内, 其下采用片石护坡, 在护坡脚脚修筑挡墙进行支挡, 挡墙基础置于中等风化基岩; 3-3 段在 177.00 m 位置修建重力式挡墙支挡, 挡墙基础置于卵石土中。

也是官厅水库流域产流量和产沙量显著下降的另一个重要的因素。

除此之外, 河道泥沙淤积和引洪淤灌对减少官厅水库的泥沙淤积也起了一定的作用。

### 3.2.2 人类活动加剧水土流失, 促进流域产沙

人类活动加剧流域产沙的活动主要表现在以下几方面:

(1) 破坏森林。乱砍滥伐、放火烧山, 使森林遭到破坏失去蓄水保土作用, 并使地面裸露, 直接遭受雨滴的击溅、流水冲刷和风力的侵蚀, 从而加速了土壤侵蚀的发生和发展。

(2) 陡坡开荒。陡坡开荒不仅破坏了地面植被, 且又翻松了土壤, 造成了产生严重侵蚀的条件。

(3) 过度放牧。过度放牧会使山坡和草原植被遭到破坏, 使其不能得以恢复, 受到水、风等外营力作用时, 造成严重土壤侵蚀。

(4) 不合理的耕作方式。顺坡耕作使坡面径流也顺坡集中在犁沟里下泄, 造成沟蚀。缺乏合理的轮作和施肥就会破坏土壤的团粒结构和减低土壤的抗蚀性能, 在坡地上广种薄收、撂荒轮垦, 会使土壤性状恶化, 作物覆盖率降低。这些均能加剧水土流失。

(5) 工业交通及其基本建设工程的影响。开矿、建厂、筑路、伐木、挖渠、建库中都有大量矿渣、弃土、尾沙, 如不作妥善处理, 往往会冲进河道, 也是加剧水土流失的一个人为因素。

参考文献:

- [1] 王金林. 官厅水库的历程[J]. 北京水利, 1996(3): 17-19.
- [2] 杜卫平. 综合治理官厅水库 尽快恢复饮用水源功能[A]. 环首都水源保护与生态建设学术研讨会论文集[C]. 2001. 109-111.
- [3] 王晓东. 官厅水库持续运用问题的探讨[A]. 面向 2049 年北京的水资源与城市水环境问题学术研讨会[C]. 北京, 2000. 66-68.
- [4] 吴兆荫. 永定河官厅上游泥沙淤积解决的意见[R]. 1983.
- [5] 谢水泉, 等. 石匣里水库可行性研究设计输沙量分析报告[R]. 1989.
- [6] 王礼先, 等. 水土保持学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995. 94-143.
- [7] 张洪江, 等. 土壤侵蚀原理[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000. 180-199.
- [8] 山西省大同市 2000 年水土保持年报[R]. 山西省大同市水利局, 2001.
- [9] 河北省张家口市 1983~1999 年水土流失治理情况总汇总表[R]. 河北省张家口市水利水保局, 2000.
- [10] 北京市水利局, 延庆县人民政府. 妫水河流域第一期水土流失治理成果汇编[Z]. 1994. 1-21.
- [11] 北京市水利局, 延庆县人民政府. 妫水河流域第二期一阶段水土流失治理成果汇编[Z]. 1997. 1-28.
- [12] 刘世海, 胡春宏. 近廿年来官厅水库流域水土保持拦沙量估算[J]. 泥沙研究, 2004, (2): 67-71.
- [13] 水利水电研究院, 北京市水利局. 永定河流域概况及来水来沙的估计[A]. 官厅水库防淤减灾综合措施研究[M]. 1986. 1-8.

(上接第 271 页)

## 4 结 论

(1) 山峡水库蓄水后 段岸坡塌岸剧烈程度均为强烈, 并且该段岸坡基本全部产生塌岸; 段岸坡在水库蓄水后, 从宽

参考文献:

- [1] 胡广韬, 杨文元. 工程地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1984. 291-311.
- [2] 张倬元, 王士天, 王兰生. 工程地质分析分理[M]. 北京: 地质出版社, 1994. 552-574.
- [3] 山峡库区地质灾害防治工作指挥部. 山峡库区三期地质灾害防治工程勘察技术要求[R]. 2005.
- [4] 重庆市地勘局南江水文地质工程地质队. 开县康家咀滑坡可勘报告[R]. 2005.
- [5] 唐辉明. 长江山峡工程水库塌岸与工程治理研究[J]. 第四纪研究, 2003, 23(6): 648-655.
- [6] 杨建, 张世殊, 彭仕雄. 紫坪铺水库区倒流坡岸堆积体塌岸预测分析[J]. 水电站设计, 2004, 20(3): 50-53.
- [7] 王建锋, 吴梦喜, 等. 长江三峡工程库区宝塔坪滑坡前缘塌岸预测及防护[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2003, 14(1): 1-8.

素。

人类加剧水土流失的活动主要是对植被的破坏, 集中表现在对土壤资源的不合理利用方面。因此陡坡开荒、过度放牧、乱砍滥伐森林等活动所造成的后果十分严重。

## 4 小 结

官厅水库上游流域的产流量和产沙量在 20 世纪 50 年代最大, 以后逐渐减少, 这一现象除了与周期性变化的降雨量有关外, 人类活动对流域的产流产沙也有很重要的影响, 一方面人类活动可以增加流域内的产沙量; 另一方面人类通过改变地表植被状况、土壤状况和地表地形来减少流域的产流量和产沙量, 诸如采取水土保持措施、修建水利工程等。

进入 20 世纪 80 年代以来, 在官厅水库上游开展了水土流失重点治理工作, 水土保持措施对于减少流域内的产沙量起到了很大的作用, 据 2001 年调查统计资料表明, 流域内的水土保持措施共拦蓄泥沙量 3.51 亿 t, 占流域内总产沙量的 20.53%, 所以尽快治理流域内严重的水土流失区, 是减少流域产沙量最重要的措施之一。目前, 在流域内开展综合治理的同时, 应注重与植被的天然恢复技术措施相结合, 尽快治理官厅水库流域的水土流失区, 减少官厅水库的入库泥沙和改善官厅水库的水质, 为尽快恢复官厅水库饮用水源的功能做出贡献。

度和深度上一般强烈; 段地形坡度平缓, 但土层厚度较大, 三峡蓄水后, 斜坡表层的土层将产生坍塌, 但总体不强烈。

(2) 在塌岸预测的基础上提出了以重力式挡墙支撑+片石护坡的整治措施, 为设计提供了参考。