

# 张窝水电站近坝库区大屋基滑坡稳定性评价

颜 杰

(宜宾市水利电力勘测设计院, 四川宜宾, 644000)

**摘 要** 通过对大屋基滑坡基本特征及形成机制的研究, 宏观地分析了该滑坡现今的整体稳定程度, 并利用计算机采用 5 种不同的稳定算法, 对滑坡蓄水前后的整体稳定性进行验算与评价, 从而为滑坡整治提供可靠依据。

**关键词** 滑坡 计算机 稳定性 临空面 地震力 整治

## 1 前 言

张窝水电站系横江干流下游河段梯级开发中的第五级, 距下游云南省水富县约 15 km, 为一低水头河床式电站, 设计水头 19.5 m, 引用流量 312 m<sup>3</sup>/s, 设计正常高水位 310.5 m, 总装机容量 3 × 16 000 kW。大屋基滑坡的稳定性现状和水库蓄水至正常高水位后的稳定性变化趋势及其对大坝安全和水库正常运营的影响, 是亟待解决的主要工程地质问题之一。

## 2 滑坡区工程地质条件

### 2.1 地层岩性

滑坡区出露侏罗系中上统上沙溪庙组(J<sub>2s</sub>)地层, 该套地层主要为暗紫红色砂质泥岩与细砂岩、粉砂岩不等厚互层, 泥岩多于砂岩。泥岩强度低, 遇水易软化, 砂岩为长石石英砂岩, 常以透镜体产出, 具交错层理。

### 2.2 地质构造

滑坡区位于石城山向斜的 NW 翼, 岩层倾向横江河谷, 倾角为 13°~ 17°; 构成顺向坡。滑坡区主要发育有 N50 E/NW 45°~ 50°/N75 W/直立和 N40 W/直立的三组裂隙, 其中以 NE 组裂隙最为发育, 延伸最远, 密度 3~ 4 条/m; NW 的两组次之, 该区的地震基本烈度为 7°。

### 2.3 水文地质

滑坡区地下水丰富, 主要赋存于岩体的风化裂隙、滑坡坡积层和崩塌堆积层中, 受大气降雨补给, 向横江排泄。在滑体内以及滑坡前后缘均见泉点出露, 这些泉的流量最小的为 0.051 L/m in, 最大的可达 651 L/m in, 均为长年流水。据钻孔 ZK-1 揭露的地下水埋深为 32.2 m, 高于河水位 16 m。

## 3 滑坡的基本特征及形成机制

### 3.1 滑坡的基本特征

#### 3.1.1 形态特征

大屋基滑坡位于距坝址上游 1.0 km 的横江左岸, 平面上呈舌形, 纵向长 430 m, 横向(沿盐水路)宽 360 m, 滑体厚 30~ 44 m, 体积约 4 × 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>。该滑坡边界清楚, 后缘高程 400 m, 前缘高程约 300 m 左右, 上、下游侧均被冲沟所圈限。在滑体上可见一级平台, 高程为 385~ 390 m, 长约 200 m, 从平台至滑坡前缘为一斜坡, 长约 220 m, 坡角 25 度左右。坡面上有 10 多户农家, 未见有住宅产生裂缝及下沉现象, 坡面上的周家古墓(咸丰二年即 1852 年修)砌体完整, 无滑坡活动造成的破坏迹象。在滑坡体前部 350 m 高程有 70 年代修建的盐水路横穿滑坡体, 该公路路面完好, 无裂缝、下沉现象。滑坡的滑面在该剖面上呈宽缓的“S”形, 后缘顺层滑动, 中部切层近于水平, 前部较陡为被滑体掩埋的原始斜坡, 地形坡度 15°; 前缘则为被掩埋的一级阶地及河漫滩。

#### 3.1.2 结构特征

地表调查和钻探表明, 大屋基滑坡体的物质由沙溪庙组(J<sub>2s</sub>)地层解体后的亚粘土、碎石土、砾石土以及岩块和岩屑堆积所组成。其中滑坡体中部主要由耕作土和亚粘土、碎石和砾石土以及变位的岩块和岩屑组成; 后缘为块石、碎屑夹壤土的崩塌堆积, 常有架空现象, 并出露泉水; 前缘为滑坡运动时形成的碎屑流快速堆积在原始斜坡及阶地上而成。

滑坡的滑带深度及滑带物质特征见表 1。从表 1 可以看出, 滑带物质为壤土夹碎石、砾石土和碎石土, 抗剪性能较强。

### 3.2 滑坡的形成机制

在地貌上, 双沟同源构成了滑坡的两个侧向切割面, 加上坡前为横江所切而成的临空面, 在地质

表1 滑带物质特征表

位置	滑带深度	物质特征
一级台地 ZK <sub>1</sub> 号孔	40.19~ 44.33m	上部为棕红、褐红色砾石土，砾石成定向排列；中部为砂岩块石；下部为含碎石沙壤土。
中部斜坡 ZK <sub>2</sub> 号孔	35.32~ 42.6m	棕褐、紫红色碎石、砾石土，碎砾石占25%~35%，粒径2~50mm，其中以8~12mm居多，呈圆形、次圆至浑圆状，土稍湿、可塑状，局部夹砂岩块石。
公路外侧 ZK <sub>3</sub> 号孔	28.58~ 29.79m	红褐色、黄褐色粘土夹碎石。

上，滑坡区处于石城山向斜的NW翼，岩层倾向与坡向一致，属顺向坡。沙溪庙组的砂质泥岩和砂岩由于岩石强度低，同时受构造活动的影响极易风化，加上该区降雨及地下水都丰富，为滑坡的形成具备了地质条件。

#### 4 滑坡现今的整体稳定性分析

从现场调查的情况看，滑坡未见重新活动所形成的地裂缝，滑坡平台上的农宅、古墓均无滑坡复活所产生的拉裂缝；横穿滑坡的盐水公路路面完整，无沉降和裂缝。这些情况均说明滑坡现今的整体稳定性很好，无复活迹象。从以上的分析可知滑坡形成时运动速度较高，滑程较远，滑体前部物质强烈解体，这样的滑坡形成之后稳定性较好，不易复活。

为进一步证实上述分析，我们用计算机对滑坡现今的整体稳定性分别采用一般条分法、毕肖普法、江布条分法、分块极限平衡法、传递系数法进行验算，并用Monte-carlo法对破坏概率进行模拟，计算时均考虑孔隙水压力。结果如表3所示。其中稳定性计算参数，见表2，根据钻探所取的滑带土样所做物理学试验成果，结合钻孔资料综合分析得到。

表2 稳定性计算参数表(大屋基滑坡)

参数	C/kPa	$\varphi$ /°	$r$ /t·m <sup>-3</sup>	Q(地震系数)
滑带	48.05	21		$Q = \frac{a}{g} = 0.0175$
滑体	48.05	23	水上 2.143 水下 1.143	(按基本烈度7算)

表3 大屋基滑坡稳定现状计算结果表

计算方法	一般条分法	毕肖普法	江布条分法	分块极限平衡法	传递系数法	平均值	破坏概率
稳定系数	2.206	2.248	2.053	2.220	2.150	2.175	0
$Q = \frac{Q}{K}$ 0.0175	2.007	2.046	1.879	2.032	1.980	1.988	0

上述结果表明，大屋基滑坡现今的稳定系数为2.1752，在地震力作用下为1.9888，破坏概率为0，滑坡的整体稳定性很好。

#### 5 水库蓄水后滑坡的稳定性分析

水库蓄水至设计正常高水位(310.5m)之后，大屋基滑坡是否稳定，对大坝的安全关系很大。前面已经论及滑坡的稳定现状很好，且地貌上无任何变形破坏迹象，而水库设计正常高水位310.5m，达不到60年一遇洪水高程313m。库水位的改变对地下水的影响较小，因此，水库蓄水对滑坡稳定性的影响是不大的，下面通过计算进一步说明。

计算参数和数据分别取自表2和表4，计算结果见表5。

从表5可以看出，大屋基滑坡在水库蓄水至设计正常高水位之后稳定性仍很好。既使在地震力作用下，稳定系数仍高达1.842，破坏概率为0。

表4 稳定性计算数据表(大屋基滑坡)

输入项	条块编号					备注
	I	II	III	IV	V	
W(I) /t·m <sup>-1</sup>	4.775	5.283	5.128	4.948	5.036	蓄水前
	4.775	5.283	5.118	4.391	3.996	蓄水后
T(I) /°	28.0	1.0	0.7	11.5	12.5	
L(I) /m	130	72	68	85	105	
C(I) /kPa	48.05	48.05	48.05	48.05	48.05	48.05
$\varphi$ (I) /°	21	21	21	21	21	21
C <sub>i</sub> (I) /kPa	0	48.05	48.05	48.05	48.05	0 48.05
$\varphi$ (I) /°	0	21	21	21	21	0 21
L <sub>i</sub> (I) /m	0	44.0	44.0	40.0	35.0	0
H <sub>1</sub> (I) /m	0	23.0	19.0	10.0	1.5	0 蓄水前
	0	230	19.0	12.0	12.0	10.0 蓄水后

表5 大屋基滑坡在水库蓄水后稳定性计算结果表

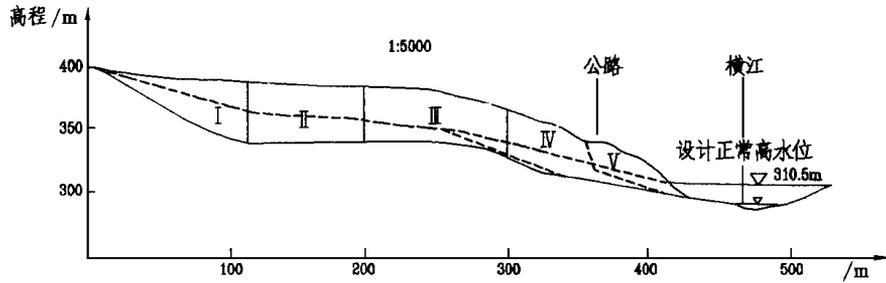
计算方法	一般条分法	毕肖普法	江布条分法	分块极限平衡法	传递系数法	平均值	破坏概率
稳定系数	2.084	2.129	1.927	2.119	1.820	2.015	0
$Q = \frac{Q}{K}$ 0.0175	1.894	1.935	1.763	1.938	1.680	1.842	0

为验证计算参数C、 $\varphi$ 值的准确性，同时了解水库蓄水至设计正常高水位之后，滑坡前缘局部的稳定状况，从滑坡体靠公路里侧切一块小滑体进行计算，见附图及表6。

表6 大屋基滑坡前缘水库蓄水后稳定性计算结果表

计算方法	一般条分法	毕肖普法	江布条分法	分块极限平衡法	平均值	破坏概率
稳定系数	1.070	1.023	1.021	1.070	1.046	0
$Q = \frac{Q}{K}$ 0.0175	1.015	1.110	0.971	0.969	1.015	0
抗剪指标	C = 48.05 kPa, $\varphi = 21^\circ$					

表6说明滑坡前缘小滑体用C = 48.05 kPa、 $\varphi = 21^\circ$ 的试验值验算，在水库蓄至310.5m高程并作用地震力时即处于极限平衡状态。且该滑坡在公路



大屋基滑坡计算示意图

附近亦无变形破坏迹象。

## 6 结 论

(1) 滑坡区地处滇东北高雨区, 降雨量充沛且多暴雨; 滑坡区为侏罗系上沙溪庙组软硬相间的砂岩和泥岩组成的顺向坡; 且具有两个侧向切割面 and 前缘临空的地形条件, 加之该区为 7 地震烈度区, 从而具备了滑坡形成的必要的条件。

(2) 据地表调查和稳定性计算表明, 大屋基滑坡

具有超稳性, 水库蓄水至正常高水位之后稳定性仍很高。对大坝及今后电站的正常运营无大的影响。

(3) 该滑坡形成后之所以稳定状况较好, 除与滑坡形成的条件及滑面形态以及滑动带的抗剪指标有关外, 还与滑坡周围的良好排水条件有关, 因此, 为确保滑坡稳定, 应进一步加强排水措施, 不要人为地往滑体中引水。

作者简介

颜 杰 男 宜宾市水利电力勘测设计研究院 工程师 学士

(收稿日期: 1998-10-22)

(上接第 74 页)

再通过 DDE 数据交换把数据提供给 Intouch 环境下编写的人机界面程序。

人机界面程序完成: 运行参数的显示与实时更新, 运行报表的定时打印和召唤打印, 运行数据的定时存盘, 历史趋势和实时趋势的显示和历史趋势的召唤打印, 数据越限时自动进入报警记录显示画面, 选择显示历史报警记录和报警记录小结。

开发中解决的难点有:

(1) Intouch 没有与下位机的通信软件, 需要自行编写通信程序。我们采用的方式为: 采用 Visual Basic 编写通信程序, 获得的数据通过 DDE 数据交换传递给 Intouch;

(2) Visual Basic 没有现成的串口通信程序, 我们利用 BC4.0 编写端口操作的 DLL 程序供 VB 调用。编程中通过对端口的直接操作实现串口通信;

(3) 通过图像处理软件 Photoshop 4.0 扫描现场实际照片嵌入 Intouch 中, 使显示画面真实、生动;

(4) 在 Intouch 中实现语音报警、定时和召唤的报表打印、文件操作、帮助文件打开。

## 5 结束语

本系统是在小型水电站实现计算机监控的一个

尝试。事实证明, 在设备陈旧的小型水电站采用以监测为主、分层分布式的计算机监控系统是可行的, 同时系统的可靠性、可扩充性、性能价格比也是可以满足要求的。在本系统投入使用后, 该电站已经采用了“机电合一”的值班方式。

本系统采用工控机作为上位机, 采用自行开发的、已经成型的二次测量仪表及测控装置, 结合智能数据采集单元 (ADAM 模块) 作为下位机, 使得硬件可靠性及性能价格比大为提高。在软件上应用 Intouch 软件进行的上位机的人机界面的编程, 使开发周期大大缩短, 开发出来的界面很漂亮、规范。

### 参 考 文 献

- 1 殷国富等 水电站微机分布式监控系统的研制 测控技术, 1997, 16(6)
- 2 温勃婴, 杨建华 Visual Basic 在测控系统 RS-485 通信中的应用 测控技术, 1997, 16(4)
- 3 邱公伟等 实时控制与智能仪表多微机系统的通信技术 清华大学出版社, 1996 07
- 4 刘忠源, 徐睦书 水电站自动化 水利电力出版社, 1986, 11

作者简介

王剑锋 男 四川电力试验研究院水机室 硕士 工程师

蓝洪榕 男 四川电力试验研究院水机室 高级工程师

吴 彬 男 四川电力试验研究院水机室 高级工程师

(收稿日期: 1998-08-17)