

引子渡水电站水库诱发地震及库岸稳定

许勇¹,王波²

(1.贵州黔源电力股份有限公司,贵阳 550002;2.中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院,贵阳 550002)

摘要:引子渡水电站于2003年4月下闸蓄水。通过开展水库诱发地震及库岸稳定监测,掌握了库岸变形情况,并对库岸进行了及时保护,保障了村民的正常生产和生活。

关键词:引子渡水电站;诱发地震;库岸稳定;监测

Title: Reservoir induced earthquake and banks' stability monitoring at Yinzidu hydropower station //by XU Yong and WANG Bo//Guizhou Qianyuan power incorporated corporation

Abstract: Yinzidu hydropower station began ponding in April, 2003. Through reservoir induced earthquake and dam banks' stability monitoring and protection, the situation about reservoir bank's deformation was known in time. In this way, normal life and production of the villagers living around the reservoir bank was ensured.

Key words: Yinzidu hydropower station; reservoir induced earthquake; reservoir banks' stability; monitoring

中图分类号: TV697.2

文献标识码: B

文章编号: 1671-1092(2006)05-0037-04

1 概述

引子渡水电站位于贵州省平坝县与织金县交界处的乌江上游三岔河上,距上游普定水电站 51 km,距下游东风水电站 43 km。流域面积 6 422 km²,多年平均降雨量 1 267.2 mm,多年平均流量 140 m³/s。枢纽的主要任务是发电,装机容量 360 MW (3×120 MW),年均发电量 9.78 亿 kW·h。水库正常蓄水位 1 086 m,总库容 5.31 亿 m³,属不完全年调节。枢纽由混凝土面板堆石坝、左岸溢洪道、右岸引水系统和岸边厂房等建筑物组成,最大坝高 129.5 m。工程于 2000 年 11 月正式开工建设,2003 年 4 月 10 日下闸蓄水,同年 5 月首台机组投产发电,2004 年 12 月枢纽工程竣工。

2 库区前期工作情况

可研阶段,按规范要求开展了库区地质调查,分析判断水库蓄水后的库岸稳定性,确定了软岩库段范围,并预测由于软岩库段局部存在不良地质体,水库蓄水后可能会导致部分库段发生变形,影响沿岸村民的安全和土地的正常耕种,为此,在水库淹没实物指标调查时,对软岩库段暂按淹没线提高 20 m(即 1 086~1 106 m)范围内的土地、房屋、人口、零星树木等进行了调查统计。

为了进一步分析判断水库蓄水对库岸稳定影响,以便科学地采取搬迁避让或工程措施,确保库岸村民生命财产安全及水库的正常运行,在可研阶段地质调查的基础上,开展了库岸稳定专项调查。根据国土资源部《地质灾害防治管理办法》及《关于实行建设用地地质灾害危险性评估的通知》要求,又开展了地质灾害危险性评估工作。

结合库岸稳定地质调查及地质灾害危险性评估,预测库区可能发生失稳的不良地质体有 10 处,其中 6 处(编号为 HP5、HP15、HP17、HP18、HP28、HP31)沿库岸有村民居住,一旦失稳,将造成生命和财产损失,定性为地质灾害危险性大区,该六处不良地质体现状见表 1。

3 监测工作的提出

3.1 水库诱发地震监测

引子渡水电站于 2003 年 4 月 10 日下闸蓄水后,至 5 月底库水位达到了 1 060 m。据反映,织金县上坪寨乡五甲村等一带多次发生有感震动,后据贵州省地震局地震监测,此次地震震级 ML=2.8。为了监测库坝区地震活动,及时提供蓄水后的地震活动资料,确保大坝和库区安全,确定在库区设置水库地震台网,进行水库诱发地震观测。

3.2 库岸稳定监测

表 1 有村民居住的六处不良地质现状表
Table 1: Adverse geologic of six sites in housing area

序号	点号及地名	坡度	地层岩性	地质特征	前、后缘标高/m
1	HP5 夏窝	30°	P _{2c} -1 砂岩、泥岩夹煤	斜坡坡向 95°, 地层产状为 310°∠40°。滑体平均厚度 3 m, 后缘见拉张裂缝, 裂缝长 300 m, 目前后缘土体局部出现坍塌, 滑体结构松散	1 045~1 135
2	HP15 斯拉河右岸大沙坝	15°~30°	P _{2c} -1 砂岩、泥岩夹煤	斜坡坡向 320°, 滑体平均厚 2 m。下伏地层产状为 35°∠14°。滑坡平面呈半圆形, 滑体为碎石土, 结构松散, 滑坡体上部、中部房屋均有不同程度开裂	1 020~1 190
3	HP17 斯拉河右岸大坝脚	20°~30°	T _{1d} /P _{2l} 灰岩、砂岩、泥岩夹煤	斜坡坡向 30°, 滑体平均厚 3 m。下伏地层产状为 50°∠41°。滑坡体平面呈半圆形, 为碎石夹块石, 块石块度为 2 m×2 m×1.5 m, 结构松散, 凌乱	1 110~1 190
4	HP18 斯拉河右岸下半岫	25°~40°	P _{2l} 砂岩、泥岩夹煤	斜坡坡向 35°, 滑体平均厚 2.5 m。下伏地层产状为 350°∠41°。处于断层构造带上, 滑坡平面呈半圆形	1 011~1 170
5	HP28 斯拉河左岸杨家寨	20°~70°	P _{2l} 砂岩、泥岩夹煤	斜坡坡向 160°, 滑体厚 15 m。下伏地层产状为 10°∠25°。为古崩塌堆积体, 堆积凌乱, 分选性差, 块石中块度最大达 10 m×8 m×5 m, 结构松散	1 050~1 170
6	HP31 斯拉河右岸地坝	20°~35°	P _{2l} 砂岩、泥岩夹煤	斜坡坡向 350°, 滑体厚 3 m。下伏地层产状为 340°∠15°。滑坡体平面呈半圆形, 为碎石粘土夹少量灰岩块石, 结构松散	1 070~1 250

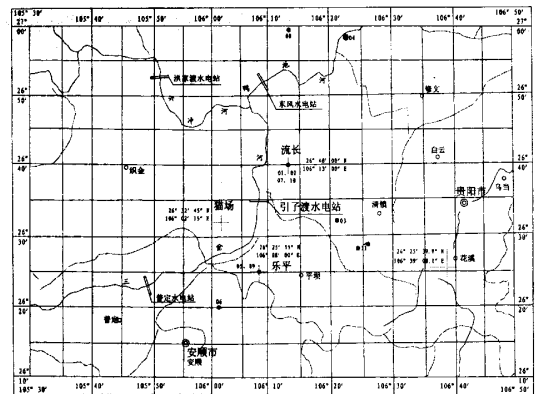
在可研审查时提出, 由于调查精度、地质不确定性等因素, 预测可能变形的库岸是否会发生滑坡、是否会引起库岸再造以及范围究竟多大, 这些都需要在蓄水后观测才能定量。

蓄水前, 除 HP5 后缘见拉张裂缝, 裂缝长 300 m, 后缘土体局部出现坍塌外, 其余几处库岸地表均未发现张裂缝。

居住在库周的村民, 由于耕地均在房屋四周一定范围内, 在库岸稳定的前提下, 村民是不愿意搬迁的。若未经监测就将居住在处于稳定状态的库岸上的村民盲目搬迁, 不仅浪费资金, 而且给库岸村民的生产生活带来不利影响。

鉴于以上原因, 对可能失稳的库岸边坡进行监测以及对其上建筑物裂缝变化情况进行观察, 判断预测其稳定性, 以便有针对性地采取科学合理的措施, 为此, 开展了库岸稳定监测工作。

镇流长、织金猫场、平坝乐平三地地震台站台址(地理位置见图 1)。历时 4 个月, 完成了地震台网台址选址、观测房基建、台站信号线架设、仪器设备安装调试及测震人员培训等工作, 并于 2004 年 3 月建成投运。



图例: • M<1.0 • 1.0≤M<2.0 • 2.0≤M<3.0

图 1 地震台站地理位置图

Fig. 1 Geographic position of the seismic platform

4 监测实施

4.1 水库诱发地震监测

4.1.1 地震台网建设

按《地震台站观测规范》(90 版) 的要求, 于 2003 年 11 月下旬开始地震台网建台工作, 选定清

4.1.2 监测结果

2004 年 3 月 10 日至 12 月 31 日, 引子渡地震台网共记录到 85 次地震(以引子渡大坝为中心, 震中距 $\Delta \leq 50$ km 范围内的地震, 下同), 其中有震中

位置的有 28 次,震级为 $ML=0.6\sim 2.6$ (包括交汇在库区的 2 次,震级分别为 $ML=1.5, 1.6$),单台记录到的地震有 57 次。

2005 年 1 月 1 日至 12 月 31 日,引子渡地震台网共记录到 39 次地震,其中有震中位置的有 10 次,震级 $ML=1.4\sim 2.0$ (包括交汇在库区的 1 次,震级 $ML=2.0$)。

2006 年 1 月 1 日至 6 月 30 日,引子渡地震台网共记录到 13 次地震,库区无地震记录。

4.2 库岸稳定监测

由于新丰戛窝滑坡体上的 16 户 63 人已采取了搬迁,对该滑坡体定期巡视,其余五处加强监测。为此,对上述五处库岸定期巡视,开展表观裂缝观测和表面变形工作。另外,还对有感地震活动的织金县上坪寨乡五甲村等一带建筑物裂缝进行了跟踪观测。

4.2.1 库岸巡视

在每年汛前、汛期和汛后,组织地质专业人员对整个库岸进行了巡视检查。2005 年 10 月巡查发现在距大坝约 25.9~26.2km 处出现局部坍塌,部分树木滑入库中,在水库地质调查和地质灾害危险性评估中,均未预测到该库岸会发生坍塌等地质灾害,但很明显属水库蓄水后引起,对此,按水库淹没补偿标准,对农户进行了补偿。在后来的巡视中,未发现该库岸进一步塌滑。

4.2.2 表观裂缝观测

由于每个斜坡体上的房屋,在蓄水前均存在不同程度开裂现象,为了跟踪裂缝变化情况,在建筑物缝两端设标记,或地表裂缝两边埋设观测桩,测量观测桩的距离来分析裂缝变化情况。观测频率为每周 1 次,雨季加密观测,监测结果见表 2。

4.2.3 表面变形监测

在每个滑坡体布置 3~5 条监测剖面进行变形监测,布置测点 10 个左右,每个滑坡体同时布置 3 个基准点,做三等控制测量观测。测点沿着与主滑动线相垂直的方向布设若干排,每排在滑坡体以外的稳定区域适当布点,同时测点布设在滑坡有可能发生变形部位及地表裂缝的关键位置,使其具有代表性,并且每个测点至少与三个基准点中的两个通视,以保证用边角交会法测量变形点时的精度。按规范要求的规格制作、埋设观测点永久性标石。2004 年每月测量两次,2005 年每月测量一次,2006

年汛期每月测量一次。

表 2 表观裂缝观测成果表

Table 2: Observation results of the apparent cracks

点号		HP15	HP17	HP18	HP28	HP31
表观裂缝观测数/个		17	5	7	19	28
2004 年	有变化的点数/个	10	1	5	16	8
	变形量/mm	-1.5~5	1	0.5~1.5	-2~9	-2~1
2005 年	有变化的点数/个	0	0	0	11	0
	变形量/mm				1~5	
2006 年	有变化的点数/个	0	0	0	0	0
	变形量/mm					

4.2.4 地震影响区监测

由于织金县上坪寨乡五甲村等一带居民感觉到 2003 年 6 月发生的地震活动,为了监测地震活动对地面建筑物的影响,对这一带地面建筑物上的裂缝变化情况进行跟踪观测,共设置了 9 个表观裂缝观测点,每周观测 1 次。自监测以来至 2006 年 6 月底,所有监测点均未发现变化,说明水库蓄水后的地震活动并未给库周建筑物带来不利影响。

5 岸坡稳定分析

根据表观裂缝观测结果,HP15、HP17、HP18、HP31 四处斜坡体上的建筑物裂缝无进一步发展迹象,说明该四处斜坡体未受水库蓄水的影响,但 HP28 斜坡体上的房屋裂缝部分测点处于变化状态,推测 HP28 可能处于蠕滑变形状态。

根据变形监测成果分析,各测点的位移变化整体上无相对滑移趋势,即无明显的主滑面,从位移量上看,各测点的位移变化量不大,五处斜坡体均处于相对稳定状态。

为进一步分析 HP28 斜坡稳定性,现将对各点观测值统计如表 3,结合库岸建筑物情况分析 HP28 斜坡稳定性。

(1)HP28 斜坡体上共有住户 130 户,表观裂缝观测反映裂缝有变化的仅 7 户,说明建筑物裂缝变化不是普遍现象,斜坡体没有发生整体变形,个别测点变形是建筑物本身基础原因引起的。

(2)查裂缝变化的房屋,其基础建于不均匀土体上;房屋结构为干砌石墙房或土墙房,结构差;房屋四周及整个斜坡体地表未发现贯穿性裂缝,进一步说明斜坡体没有发生整体变形。

表 3 HP28 斜坡变形监测成果表

Table 3: Deformation monitoring results of the slope HP28

点号	点位中误差 /mm	最后一次位移/mm	最大位移 /mm	平均位移 /mm
HP28-1	±7.2	23.7	25.3	17.2
HP28-2	±6.1	32.2	36.6	22.3
HP28-3	±8.6	10.6	17.0	9.3
HP28-4	±10.4	14.4	14.5	9.9
HP28-5	±10.4	19.0	22.4	16.1
HP28-6	±7.5	17.9	17.9	9.3
HP28-7	±11.6	11.6	11.6	7.0
HP28-8	±5	15.8	21.3	12.0
HP28-9	±12.1	12.1	23.2	13.0
HP28-10	±10.6	11.6	16.2	10.8

(3)根据监测结果,每个监测点每次位移方向不一致,无规律,无明显主滑方向(方位变化示意图 2),且位移量小,属测量误差,而不是斜坡体变形引起。

(4)根据以上情况分析认为,HP28 斜坡体是相对稳定的,没有受到水库蓄水的不良影响。

6 结 语

引子渡水电站蓄水后,2003 年 6 月 4 日,当水库水位蓄至 1 060 m 时,水库诱发了 ML=2.8 级地震,与可能发生最大震级 2.5 级诱发地震的预测基

本吻合。

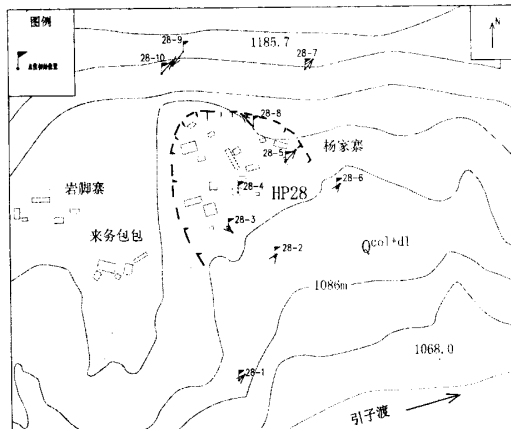


图 2 HP28 观测点方位变化示意图

Fig. 2 Position change of the observation point HP28

自 2004 年 3 月水库诱发地震台网投运以来,至 2006 年 6 月共记录到 137 次地震,其中有震中位置的有 38 次,震级 ML=1.4~2.6(包括交汇在库区的 3 次,震级 ML=1.5,1.6,2.0),水库地震活动弱,并已趋于稳定,地震活动未对库周建筑物造成明显不利影响。

由于对预测可能发生滑坡的六处库岸开展了库岸稳定监测,及时掌握岸坡变形情况,六处库岸均处于稳定状态的结论得到确认。

收稿日期:2006-07-26

作者简介:许勇(1974-),男,贵州省毕节市人,工程师,从事水利水电工程建设管理工作。

(上接第 33 页)

坝顶:4 号~24 号坝段采用激光系统自动观测,4 号坝段以左(含左堆)和 24 号坝段以右(含筏闸)采用视准线和水准测量,其基准采用 4 号、20 号坝段的倒垂双金属标;

廊道:4 号~20 号坝段采用激光系统自动观测,4 号坝段以左(含左堆)和 20 号坝段以右采用水准测量,其基准点利用 4 号坝段的倒悬双金属标和 20 号坝段的双金属标;

近坝区:仍采用边角网和水准网观测,并利用坝顶 4 号坝段和 24 号坝段的倒垂双金属标作为相应人工项目的基准。

另外,所有自动化更新改造项目均设有工比测手段,从两者的资料对比分析来看,改造的效果较为理想,测值可靠、资料连续、观测精度大幅度提高,自动化观测系统工作正常,待取得一定系列的资料并经对比分析认为自动观测完全可取代人工观测后,相应的人工观测项目或人工比测手段即可停测。

收稿日期:2006-03-06

作者简介:沈定斌(1966-),男,四川大竹县人,高级工程师,主要从事水电站大坝管理的技术工作。