

四川某水电站地质灾害危险性评价

张会刚¹, 姜志玲², 夏克勤¹, 石豫川¹, 邓中文²

(1. 成都理工大学, 成都 610059; 2. 华东交通大学, 南昌 330013; 3. 成都电力勘察设计院, 成都 610072)

摘 要: 根据评估区地质环境条件和拟建工程性质, 分析工程建设以及竣工后该区可能诱发或加剧地质灾害的类型; 对水库诱发地震、水库滑坡涌浪、库岸再造、泥石流、库区浸没的危险性进行现状评价, 并进行未来趋势预测。

关键词: 水电站; 工程建设; 地质灾害; 危险性评价

中图分类号: P694

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005) 01-0110-03

Geological Hazardous Evaluation of a Reservoir Area in Sichuan

ZHANG Hui-gang¹, JIANG Zhi-ling², XIA Ke-qin¹, SHI Yu-chuan¹, DENG Zhong-wen²

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. East China Communication University, Nanchang 330013, China;

3. Chengdu Electric Power Survey and Design Institute, Chengdu 610072, China)

Abstract: Based on the geological environmental conditions of evaluation area and the characteristics of the proposed construction project, the type of geological hazard which might induces or aggravates is predicted during or after the construction of the project; the current situation of reservoir-induced seismicity, slide surge, the rebuilding of reservoir bank, the mud-rock flow and the submergence in reservoir area are appraised, and the trend of the geological hazard is predicted.

Key words: power station; engineering construction; geological hazard; hazardous evaluation

水电站位于四川西南山区, 工程属大渡河梯级开发项目, 以发电为主, 工程设计三个蓄水方案, 本文仅以 1 130 m 蓄水方案探讨。1 130 m 蓄水方案, 大坝壅水高度 175 m, 大坝采用重力拱坝, 坝高 210 m, 水库长度约 30 km, 总库容 8.2 亿 m³, 装机容量 230 万 kW。

目前, 对建设用地质灾害危险性进行评估仍处于探索阶段, 本文根据国土资源部《地质灾害防治管理办法》、《建设用地地质灾害危险性评估技术要求》(试行) 和《水利水电工程地质勘察规范》要求, 按照一级评估等级深度对该水利水电工程进行地质灾害危险性评价。

1 库区概况

库区位于青藏高原东南边缘向四川盆地过渡地带, 气候垂直变化大, 年平均气温 16℃。工程区内年降雨量 643~801 mm, 库区降雨主要集中在 5~10 月, 而 6~9 月降雨最多, 约占全年降雨量的 75%。库区范围出露的基岩主要是澄江期花岗岩、闪长岩为主, 少量三叠系白果湾组砂岩、板岩; 第四纪主要沿河分布的冲洪积阶地和零星坡积物、残积物。地下水主要为松散层孔隙水和基岩裂隙水, 水质分析显示河水、

两岸沟水、泉水一般为 HCO₃-Ca²⁺、Mg²⁺ 型, 基岩裂隙承压水为 HCO₃-Na⁺、Ca²⁺ 型, 矿化度为 0.07~0.1 g/L, pH 值为 6.9~8.8, 为中性及弱碱性水。

2 库区地质灾害危险性评价

2.1 水库诱发地震影响评价

工程区处于川滇南北向构造带北端, 并与北西向鲜水河断裂带、北东向龙门山断裂带的交汇的复合地带。在区域构造上位于由金坪断裂和磨西断裂所围限的黄草断块的西侧边缘, 坝址区西边距得妥断裂 3.5 km, 磨西断裂 4 km, 东边距金坪断裂 21 km。工程区在地质构造上处于相对稳定的地区, 坝区的地震烈度主要取决于外围地震的影响, 省地震局核定工程区地震的基本烈度为 Ⅵ 度。工程区外围地震对工程区的影响在工程抗震烈度范围内。磨西、得妥断裂新生代及现今有其活动的一面, 断裂带旁侧分布小于 4.5 级的微弱地震, 因此水库蓄水后有诱发地震的可能性。但磨西断裂无构造交接复合等构造背景; 得妥断裂断面具有波状特点, 应力以微弱地震和温泉的形式得到较好释放。总的来说, 库区地质条件清晰, 该地带不具备中强地震的控震构造背景条件以

① 收稿日期: 2004-06-16

作者简介: 张会刚(1975-), 男, 硕士研究生, 研究方向为地质环境评价与保护, 主要从事水利水电、道路勘察、设计和建设用地评估方面的工作。

及南北向构造应力场在该地段呈现微弱状态。因此水库蓄水后,即便存在水库激发地震的可能性,其震级也只能是弱微地震的加剧或减弱。评价结论为:库区诱发地震影响到坝区的烈度低于工程设计的地震烈度,不会对电站建筑物造成威胁,仅对库区居民安全会带来一定的影响。

由于工程区大型断裂具有微弱活动性,存在水库诱发地震的可能性,因此根据有关规定,工程区设置地震观测台网是有必要的。

2.2 边坡稳定性影响评价

库区位于四川西南地区,山高谷深、地势陡峻。区域地质条件复杂,雨季滑坡、崩塌易于发生,是库区固体径流的重要

来源。库区范围内的边坡稳定或基本稳定的占 70%;不稳定的边坡主要集中在宽谷地段的土质岸坡和三个滑坡变形体。土质岸坡影响程度有限,而滑坡变形体对水库影响较为严重。因水库蓄水滑坡被部分淹没,滑坡体受力条件改变:①初始不连续面上介质的泥化,降低其抗剪强度;②浸没的岩土体获得上浮力,滑块重量减轻,导致滑动摩擦力减弱;③蓄水后库岸地下水位上升,水面坡降趋缓,流速减小,岸坡含水呈饱和状态,且受库水水平推力作用;④库水位下降时,库岸水平压力减小或消失,因岸坡土体饱和状态,容重较大,稳定系数必然下降,且因地下水面坡降加大,流速增加,牵引岸坡呈下滑趋势。

表 1 大岗山水电站库区气象资料统计表

类型	站名	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	全年
月均降雨量/mm	康定	5.3	12.6	33.1	53.8	105.4	166.5	116.3	99.2	128.6	57.2	13.5	4.7	796.2
	泸定	0.9	3.2	15.9	36.8	65.6	105.1	143.0	145.7	85.1	33.3	7.9	0.6	642.9
	石棉	1.3	5.2	14.0	49.5	85.9	123.8	186.5	182.3	102.9	36.5	12.2	1.2	801.3
最大日降雨量/mm	康定	11.3	15.9	22.9	25.9	32.6	46.3	36.3	49.4	42.5	31.3	20.2	7.1	49.4
	泸定	4.2	8.4	13.3	20.7	30.2	67.6	72.3	65.9	61.8	45.0	17.7	3.6	72.3
	石棉	7.2	11.2	14.7	31.5	48.1	60.2	108.6	89.5	73.6	24.1	20.7	2.9	108.6
平均降雨量日数/d	康定	6.0	9.3	12.0	17.2	20.3	23.6	21.8	20.4	20.2	14.0	7.4	4.8	177.0
	泸定	0.9	2.4	8.0	14.4	18.0	20.1	22.1	20.6	18.6	11.4	5.6	1.1	143.2
	石棉	1.4	3.7	8.0	14.0	17.8	20.7	19.9	18.7	18.9	11.7	6.7	1.9	143.3

TW 滑坡变形体位于支库内,为古滑坡前缘复活。滑带由炭质页岩组成,其剪出口位置低,且处于河流凹岸,遭受河水侵蚀(枯水期)。蓄水后淹没近 2/3,可能加速下滑,但该滑坡体方量小且处于支库内,对水库及大坝影响甚微。

MGL 滑坡变形体距坝址 27.7 km,滑坡方量约 500 × 10⁴ m³, 1 130 m 蓄水位淹没 30 m。滑坡为未完全分解的斜长花岗岩组成,岩体破碎,滑坡处于稳定状态;蓄水后易出现局部、小规模岩石坍塌、滑落,而发生整体下滑的可能性不大。况且该滑坡变形体处于库尾,对水库及大坝运行影响不大。

XH 滑坡变形体距坝址 12.2 km,滑坡体方量约 1 500 × 10⁴ m³。滑坡体处于极限平衡状态,滑坡体中部及后缘发育垂直于滑动方向的裂缝,宽 2 ~ 5 cm,延伸长度不等,最大延伸长度 > 100 m;雨后前缘有崩塌现象,属蠕滑-拉裂型破坏。理论计算滑体在饱水、地震状态下仍处于极限平衡状态;而滑坡中滑动面在蓄水条件下,稳定性变差,存在下滑可能。若滑坡体整体下滑,落水点的涌浪高度为 18 m,衰减到坝址浪高为 0.3 m,不会造成翻坝危害。况且该滑坡即使存在整体失稳的可能性,其时间只可能是暴雨季节,而该时期水库处于防洪限制水位运行期。但是,由于该滑坡潜在不稳定因素,水库修建前采取工程措施,改善水文条件以增加滑坡的稳定性是十分必要的。

2.3 库岸再造影响评价

水库蓄水后,库岸将处在一个不断变形—破坏—后退的发展阶段;枯水期和丰水期的交错出现,将引起水库边坡一定范围内土石层水动力环境的变化,存在淘刷、冲蚀、磨蚀过程,势必加剧库岸再造。在沿河分布不同力学强度的多种类

型岸坡中,岩质边坡库岸再造的影响范围小;而土质岸坡易于改造和破坏,是库岸再造的重点。通过库区调查稳定坡角并类比三峡库区类似土质塌岸预测资料,稳定坡角综合取值(表 2)。

表 2 各类土质岸坡的稳定坡度值建议取值

地层、岩性	水下稳定坡角	消落带坡角	水上稳定坡角
黏土、粉质黏土(Q ^{al+pl})	6 ~ 8 °	10 ~ 12 °	16 ~ 22 °
碎石夹黏土(Q ^{al+pl})	8 ~ 13 °	13 °	20 ~ 25 °
碎石土(Q ^{col+dl})	13 ~ 16 °	14 ~ 16 °	28 ~ 36 °
碎块石土(Q ^{col})	15 ~ 18 °	18 °	30 ~ 41 °

对土质岸坡塌岸预测采用卡丘金公式,库岸再造预测结果为多数库岸再造宽度在 20 ~ 70 m 之间,最窄的 6.1 m,最宽的达 83 m。需要强调的因水力条件与边坡土质的差异,库岸再造宽度不尽相同,在 30 km 长的库区共取 21 个计算断面仅能对库岸再造趋势预测;卡丘金公式最适宜平原型库岸再造预测,结果偏于安全;峡谷型水库库岸再造应用尚不多见,仅做探讨。

2.4 库区泥石流影响评价

库区范围发育成熟的泥石流沟有 16 条,根据流域内泥石流活动条件的诸要素,围绕地形、松散堆积物质、水源三个基本方面,选择有代表性的 15 项要素进行数量化处理从而对泥石流沟进行危险性(易发程度)评价。泥石流易发程度评价结果为中等易发的泥石流沟 4 条;轻度易发的 1 条;极轻度易发的 7 条。除大沟、大发沟、王家沟、磨西河泥石流对当地居民有一定影响外(表 3),其余各沟为洪水或间歇性稀性泥石流,对当地居民基本无影响。水库淹没 8 条泥石流沟的堆积区和流通区,造成堆积区后撤,流通区变短。一般而言,建库修坝对泥石流无直接影响或影响不大,只有在水库

正常蓄水位淹没到泥石流沟物源区时才对泥石流的影响较大。库区范围内泥石流沟的松散固体物质数量少,造成水库淤积有限;库水位升高,泥石流入库流速减慢,携带固体物质就地堆积,堆积物局限在沟谷内;泥石流入河口水面壅高淹没堆积区或部分流通区,缩短了泥石流流通区高差,有利于抑制沟谷山洪的暴涨暴落。

表 3 库区主要泥石流沟危害程度评价

沟名	流域面积/km ²	类型	历史泥石流特征	易发程度	危害程度评价	水库蓄水影响
磨西河	> 100	稀性泥石流	1989 年 7 月 26 日,垮沟堰塞磨西河(未降雨)、积水后决口,冲毁沟口堆积坎,磨西河改道	轻度易发	冲毁沟口索桥,迫使大渡河主流偏移,侧流冲毁泸公路	壅水后撤形成堆积区
两叉河	13.44		1960 年因滥伐树木,垦荒种地,连续暴雨条件下,垮沟、堰塞、决口暴发泥石流。	极轻度易发	部分地段有改道迹象,但无历史记录	水面与两侧阶地高程相当,可能改道
加郡沟	93.2		从堆积区硅厂及桥梁判断未有大规模泥石流		无严重危害	基本无影响
王家沟	8.85		1967 年、2001 年连续降雨诱发泥石流,山谷轰鸣,地面震动,迫使大渡河主流偏移,侧蚀右岸山体诱发垮塌	中度易发	1967 年冲毁沟口木桥;2001 年对新修桥梁无影响	水面增宽,水深增大,泥石流冲击力减小,堆积区后撤
大发沟	7.6	黏性	堆积物以砾砾为主,堆积扇厚 2.0~5.9 m,面积 5.3×10 ⁴ m ² ,堆积物 23.85×10 ⁴ m ³		1963 年、1972 年分别暴发泥石流,填平高 7~10m 的拦河坝,淤埋田地数公顷	影响程度小。易发程度不变,公路形成堆积区
大沟	1.7		构造破碎带处,连续降雨垮山诱发泥石流,迅速推进,摧毁半条街;逐年淤积,推倒房屋,迫使田湾乡迁移		1938 年 5 月 25 日垮沟,死伤 2 人;泥石流摧毁田湾乡半条街,堰塞田湾河近一个月,田湾河主流偏移,左岸崩塌垮山	

2.5 库区渗漏、浸没影响评价

水库兴建后,库水对地下水的顶托使地下水壅高超过临界浸没高程而造成的浸没问题。该区水质分析结果显示,浸没区不会产生盐碱化问题。水库不存在永久性渗漏问题,所以浸没问题仅局限在库区范围沿河分布的阶地,主要发生在得妥、新华、田湾、加郡阶面高程 1 130~1 160 m 的一级阶地和部分二级阶地。浸没问题主要影响农作物的根系和部分居民建筑物。由毛细高度试验确定该区砂土、壤土毛细水上升高度进而确定地下水临界埋深 $H_{cr}=2.5\text{ m}$,并由卡明斯基地下水壅高公式计算出沼泽化面积 0.011 km²,一般浸没影响面积 0.038 4 km²。

次生沼泽化区农作物生长不良,产量降低甚至颗粒无收;居民建筑物内地面潮湿,各种家具物品常陷进地面,严重影响居民生活。浸没影响区农作物产量有所降低,但影响不大;民宅部分较潮湿,尚不影响居住。相对平原水库而言,浸没损失很小,浸没问题不构成水电站建设的控制条件。

3 库区地质灾害发展趋势

(1) 从地质发展史上讲,随着青藏高原的隆起和河流切

割深度的加大,有利于泥石流、崩塌、滑坡形成的位势条件;从气象上讲,随着全球变暖降雨量有进一步减少的趋势,不利于泥石流、滑坡突发的激发条件,并且随着水库蓄水,库区范围内温差有所降低、降雨量有所减少,不利于岩石风化和水土流失。

(2) 随着水库蓄水,水位增大必将抑制各沟内山洪的暴涨暴落,有利于减弱泥石流的强度;并且逐渐改变库区周围的小气候条件,降低灾害性气候的发生频率。

(3) 随着库区滑坡、崩塌等地质灾害的整治,将有利于减轻地质灾害的危害程度;但移民后靠就地安置,会加重地质环境和植被的破坏程度,可能诱发泥石流、滑坡等地质灾害,因此减少人类活动,加大退耕还林,保护地质环境和植被是最好的防护措施。

综上所述,工程区地质灾害相对较少;潜在地质灾害和次生地质灾害对工程建设和当地居民影响甚微。并且水电站建设前的地质灾害治理和完工后的地质灾害监测,有利于库区范围内地质环境的稳定,同时为库区范围的可持续发展提供了空间。

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] 刘汉超,陈明东,等.库区环境地质评价研究[M].成都:成都科技大学出版社,1993.
[3] 杜榕桓,刘新民,袁建模,等.滑坡与泥石流研究[M].成都:四川科学技术出版社,1991.
[4] 张业成,等.减轻地质灾害与可持续发展[M].北京:中国科技出版社,1999.
[5] 张业成,胡景江,张春山.中国地质灾害危险性分析与灾变区划[J].地质灾害与环境保护,1995,6(3):1-13.