

布桑加拱坝右岸拱肩槽上游高陡斜顺向边坡处理设计

郝鹏 邱焕峰 郭重阳

中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司

DOI:10.12238/hwr.v5i6.3878

[摘要] 布桑加水电站右岸拱肩槽上游边坡为斜至顺向坡,主要结构面陡倾且呈层状发育,对边坡稳定不利,通过刚体极限平衡法进行计算分析,并结合现场实际情况,采取了合理设置开挖坡度、锚索并在重点部位加密的处理方案。根据监测资料,边坡处于稳定状态,设计及施工经验可供类似工程参考。

[关键词] 布桑加水电站; 拱肩槽上游边坡; 锚索; 监测

中图分类号: TV63 文献标识码: A

Treatment design of high steep slope upstream of spandrel groove on the right bank of busanga arch dam

Peng Hao, Huanfeng Qiu, Chongyang Guo

Guiyang Survey, Design and Research Institute Co., Ltd. of China Power Construction Group

[Abstract] The upstream slope of the arch shoulder groove on the right bank of Busanga hydropower station is oblique forward to forward slope, the main structural plane of which, unfavorable for the stability of slope, is dip with stratiform development. The treatment scheme including setting excavation slope ratio reasonably, designing the anchoring cables and refining them in the key positions is adopted after rigid limit equilibrium method calculation and analysis as well as considering the actual condition at site. According to the monitoring data, the slope is now under stability state. The design and construction experience could be the reference for similar projects.

[Key words] Busan hydropower station; Upstream slope of spandrel groove; Anchor cable; monitor

引言

水电站枢纽区尤其是大坝的边坡稳定对于工程至关重要,边坡与其结构面分布又息息相关,本文结合刚果(金)布桑加水电站大坝上游侧高陡斜顺向坡的边坡处理,从地质情况、计算分析、开挖支护设计、安全监测等全流程论述边坡设计的全过程,可作为类似工程参考。

1 工程简介

布桑加(Busanga)水电站位于刚果(金)卢阿拉巴省卢阿拉巴(Lualaba)河上,距首府卢本巴西约410km,距科卢韦奇(Kolwezi)市直线距离约70km,公路里程约110km。布桑加水电站工程任务是发电,总装机容量240MW,水库总库容13.58亿 m^3 ,工程规模为一等大(1)型工程,枢纽永久建筑物主要有:拦河大坝、泄洪消能系统、左岸引水发电系统。拦河大坝为碾压混凝土双曲拱坝,最大坝高141.5m。

2 工程地质

右坝肩自然边坡走向 $N30^\circ \sim 60^\circ W$,岩体为中厚~厚层绢云千枚岩、石英千枚岩,890m高程以上有强风化岩体分布,890m高程以下岩体为弱风化。右坝肩边坡930m高程以上至山脊边坡逐渐变缓,930m高程以下为平均坡度 54° 的陡坡,分布较多陡坎。右岸岩层产状 $N20^\circ \sim 40^\circ E/NW \angle 45^\circ \sim 65^\circ$,岩层倾河谷偏下游。边坡表层为卸荷带,水平深度一般5~15m不等。拱肩槽上游侧开挖边坡,与层理面走向交角 $15^\circ \sim 60^\circ$,为顺向坡~斜向顺向坡。断层 f_1 及其分支断层 f_{1-1} 与裂隙组合形成切割岩体。边坡表层卸荷带局部稳定性较差^[1]。

3 右岸拱肩槽上游边坡稳定计算分析

3.1 计算边界条件。右岸坝肩槽上游开挖边坡为顺向~斜向顺向坡,开挖边坡

上可能存在沿层面、裂隙面及挤压带、断层结合形成楔型块体塌滑。大坝右岸上游侧开挖边坡沿 $N9^\circ E \sim N31^\circ W$ 走向开挖,大坝开挖后右岸上游侧将形成高达185m的永久边坡。

大坝坝基上游发育 f_1 断层, f_1 断层陡倾,大坝开挖时无法将断层全部挖除,大坝开挖形成临空面,存在以 f_1 断层为后缘拉裂面、以岩层面为滑动面的滑动模式。

3.2 稳定计算方法。采用刚体极限平衡法进行边坡稳定分析。对于短时暴雨工况,当边坡存在裂隙时,可能存在裂隙水压力。当边坡排水孔足够深并穿过裂隙面时,裂隙水压力将会大幅度减小;当边坡排水孔深度不够而无法对裂隙水进行释放时,裂隙水压力将按实际水头进行计算。为保证排水效果穿过大部分滑动面,此部位排水孔深度为20m,间排距为2.5x2.5m,水头按后缘拉裂面至底滑

面出口的三角形分布水头的1/5进行计算,水头最大位置为1/3高差位置^[2]。考虑地震影响采用的是拟静力法,即将地震加速度产生的地震惯性力

$$F=0.1 \times 0.25 \times \alpha \times m \times g$$

施加于滑块进行边坡稳定计算,式中 α 为动力系数, m 为岩体质量, g 为重力加速度,根据有关文献^[3],水平动力系数选取2.2,竖向动力系数选取1.4。

3.3 稳定计算结果。

3.3.1 计算工况。(1)施工期遇暴雨,短暂状况1:自重+地下水压力+加固力。(2)运行期正常运用工况,持久状况:边坡正常运用工况,自重+岸边外水压力+地下水压力+加固力。(3)运行期遇暴雨,短暂状况2:自重+岸边外水压力+地下水压力+加固力。(4)运行期遇地震,偶然状况:自重+岸边外水压力+地下水压力+加固力+地震作用。

3.3.2 安全系数标准。根据边坡工程规模、工程地质条件复杂程度,按照《水电水利工程边坡设计规范》DL/T 5353-2006^[4],设计标准取持久状况为1.30,短暂状况2取上限为1.20,偶然状况为1.10。短暂状况1持续时间较短,取下限1.15。

3.3.3 计算结果。稳定计算采用了二维及三维刚体极限平衡法,部分边坡稳定不满足规范要求,需要研究边坡治理措施。

4 开挖及支护布置

对于岩质边坡一般选择锚索进行治理,锚索吨位选择1500kN和2000kN,根据滑动方向,选择锚索角度为俯角10度,915m以上边坡布置两排1500kN锚索进行验算,915m以下边坡锚索首先排距取5m,间距取6m进行计算,若不满足要求,间距按照0.5m一级缩小进行试算,直至满足要求。

结合二维和三维计算结果,考虑到边坡计算中扬压力折减系数的不确定性因素,设置2000kN/1500kN锚索,靠近下游开口线部位锚索间排距为56m,靠近坝肩槽部位锚索间排距为55m,根据现场实际揭露地质情况可进行适当调整。

5 安全监测

锚索+锚筋桩方案是右岸拱肩槽边

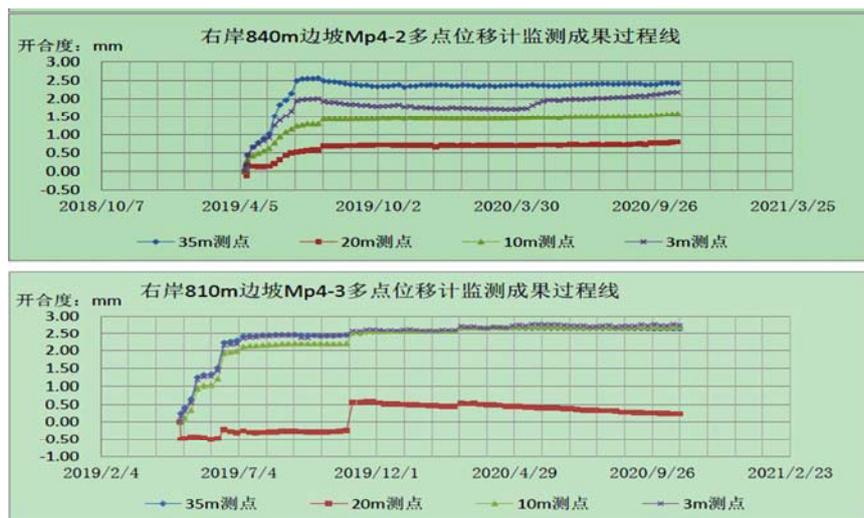


图1 右岸坝肩槽上游边坡多点位移计变形监测

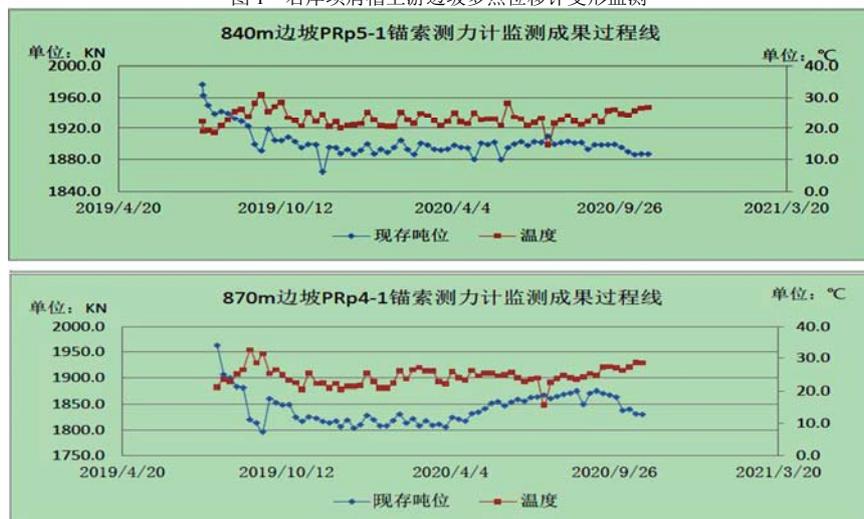


图2 锚索预应力监测成果表

坡稳定处理的重要措施,其施工质量和运行状态至关重要。为了掌握边坡变形情况及锚索预应力变化情况,在边坡设置了表面观测墩、多点位移计等位移监测设施,在典型锚杆上布置了锚杆应力计,在典型锚索上布置了锚索测力计。右岸拱肩槽上游边坡多点位移计变形监测和锚索测力计预应力监测变化曲线见图1和图2。

监测数据显示,多点位移计监测数据已基本收敛,锚索测力计预应力值随着温度变化,预应力损失基本未超过10%,目前右岸坝肩槽上游边坡处于稳定状态。

6 结语

布桑加水电站工期紧、任务重,但受到不良地质结构面组合的影响,右岸拱肩槽上游边坡稳定问题较为突出。经研究后采用合理放坡+锚索为主的方案进行处理,确保了边坡及大坝的安全,监测数据表明右

岸坝肩槽上游边坡目前已处于稳定状态。

[参考文献]

[1]崔进.刚果(金)布桑加水电站详细可行性研究报告第四篇工程地质[R].贵阳:中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司,2017,(8):83-85.

[2]李文辉.岩质滑坡地下水动态演化规律及对滑坡稳定性影响研究[D].成都:成都理工大学,2014.

[3]何蕴龙,陆述远.岩石边坡地震作用近似计算方法[J].岩土工程学报,1998,3,(2):1-3.

[4]DL/T 5353-2006,水电水利工程边坡设计规范[S].

作者简介:

郝鹏(1983--),男,汉族,山西省天镇县人,学士,高级工程师,主要从事水工建筑物设计工作。