

鲁布水库右岸溢洪道开挖高边坡地质勘察及工程处理设计

洪星耀

玉溪市水力电力勘测设计院

DOI:10.32629/hwr.v3i5.2120

[摘要] 鲁布水库大坝右岸溢洪道开挖形成高边坡,施工期边坡出现蠕动变形,为查清高边坡成因、物理力学性状及稳定性,采用了坑探及钻探多种手段相结合的勘察方法,并开展了现场水文地质试验,室内试验。根据勘探、试验,最终确定了技术可行、经济合理的处理方案,确保右岸高边坡安全稳定,效果明显。

[关键词] 鲁布水库; 高边坡; 稳定性分析; 处理方案

1 工程概况

鲁布水库,总库容为 1218.1 万 m^3 ,水库大坝为粘土心墙坝,最大坝高 86.1m,属中型水库工程,为 III 等工程,拦河坝提高一级,为 III 等 2 级建筑物。溢洪道、高输水隧洞、低输水隧洞均属 III 等 3 级建筑物。

2 溢洪道开挖高边坡工程地质条件简介

工程区域位于青藏滇缅印“歹”字型构造体系中的东支,马鹿塘单斜西侧,经历了多次构造变动,构造形迹比较复杂,主要出露地层为古生界马邓岩群外麦地组(PzW)为一套浅变质碎屑岩,岩性为浅灰色、灰色片理化变质板岩夹变质粉砂岩、细砂岩,绢云石英千枚岩,绢云千枚岩,深灰色片理化板岩。右坝肩地形坡度在 $31\sim 40^\circ$ 陡坡,右坝肩溢洪道开挖切脚引起右岸山体失稳,施工期由于雨水浸湿,表层已出现蠕动变形体,从顶部分台削坡开挖将会形成 94m 的高边坡,围绕如何经济合理可靠的开挖展开勘察设计。

3 高边坡勘察方案布置及勘察结果

3.1 高边坡勘察方案布置

首先经地表踏勘,基本确定高边坡不稳定体边界,然后进一步查清其边界及边坡物质组成、物理力学性状,分别采用了坑探、槽探及钻探多种手段相结合的勘察方法,并开展了现场水文地质试验,室内小样原状样。具体勘察方案布置如下:在最高坡面布置勘探孔 4 个,探槽一条,在其余坡面布置探坑 2 个,进行现场干容重、含水量及渗透试验,在钻孔中做了压注水试验,并在残坡积层,全风化层,强风化层及弱风化层进行岩土物理力学指标试验^{[1][2]}。元江县鲁布水库溢洪道高边坡勘察孔平面布置图如图 1 所示:

3.2 勘察结果

经勘察,溢洪道右侧边坡构造复杂,风化较严重,基岩露头较少,据公路开挖断面编录看,溢洪道高边坡为一“∞”型的褶曲构造,溢洪道控制段右侧边坡为顺层边坡,边坡稳定性差,为潜在失稳边坡。根据地表踏勘及钻孔资料显示,溢洪道高边坡第四系残坡积层覆盖厚 5.5m~11.8m,岩性为紫红色及淡黄色含砾粉质粘土,下伏基岩为古生界马邓岩群外麦地组,全风化层厚 7.3~23.2m,岩性为碎石土、砂质粘土,强风化层厚 27.3~38.9m,岩性为砂质板岩,风化较深,岩体破

碎,为碎裂结构的岩块夹风化砂土碎石体,岩块呈镶嵌咬合状,岩体较破碎,强风化界线上部为散体结构的残坡积粘土及全风化砂土碎石体,岩土破碎,因此强风化界线以上岩(土)体强度低,透水性大,遇水饱和,强度急剧降低,溢洪道平台开挖形成的切脚形成临空面将可能造成强风化界线以上岩(土)体滑动。强风化底界以上滑动控制面为层面和风化层结构面,强风化底界以下为层面控制。不稳定体主要为强风化以上残坡积层及全风化砂质板岩,边坡稳定由各岩层的物理力学强度控制,对各岩层而言为同向均质体,可按照土质(多土层)边坡进行设计^{[4][5]}。

比例尺 1:1000

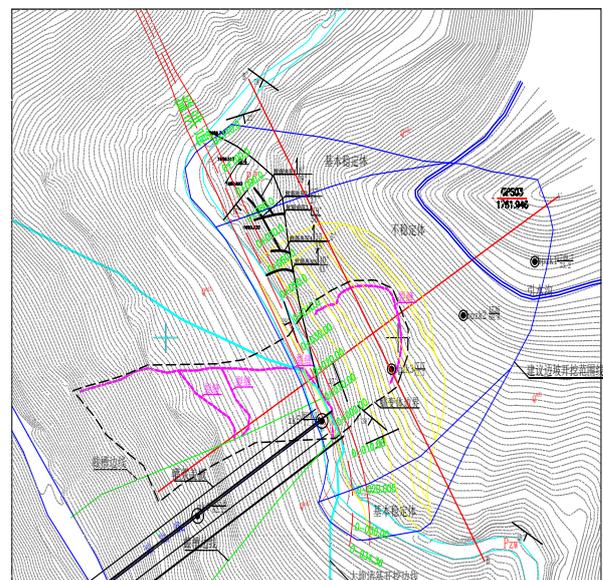


图1 元江县鲁布水库溢洪道高边坡勘察孔平面布置图

3.3 边坡岩(土)物理力学参数建议

本次溢洪道高边坡岩土物理性质指标根据防渗土料场室内试验资料及工程地质手册提出(取有效强度指标),残坡积层参照防渗土料场室内试验指标取值,全风化层指标参照大坝防渗土料场试验资料取值,强风化层及弱风化层参照风化料场平硐取样试验资料取值,高边坡稳定计算物理力学参数建议取值表如表 1 所示:

表 1 高边坡稳定计算物理力学参数建议取值表

项目	天然容重 (KN/m ³)	饱和容重 (KN/m ³)	粘聚力 C (kpa)	内摩擦角 (°)
坡积层	19.4	20.5	29.5	22.2
全风化层	21	21.7	32	25.3
强风化层	23.3	25.0	50	32
弱风化层	26.0	26.3	80	36
坝壳料	22.7	24.1	47.6	30.9
板结面	21.5	23.0	28	19.3

4 高边坡边坡稳定分析计算

4.1 边坡等级确定

鲁布水库为中型工程, 工程等别为III等, 溢洪道为III等3级水工建筑物, 根据《水利水电工程边坡设计规范》(SL386-2007), 溢洪道右侧边坡级别设定为3级边坡^[3]。

4.2 潜在滑动边界及破坏模式确定

溢洪道高边坡为一受上下游地形切割影响, 边坡位置为凸出山梁地形, 正向坡面形态为面河临空的正放的三角形, 顶部为脊状山梁。从现场地质编录及钻孔勘查进一步揭露, 该部位为一“∞”型褶曲构造, 受其影响, 溢洪道高边坡两侧为斜向岩体边坡, 为基本稳定边坡; 而中部为同向外倾边坡, 岩层倾角 29°, 地形坡度为 38°, 倾角小于地形坡面角, 为不稳定边坡。高边坡地表覆盖第四系残坡积层, 厚 4.0m~11.8m, 岩性为含砾粉质粘土; 下伏基岩为砂质板岩, 全风化层厚 7.3~23.2m, 底界埋深 13.8~31.9m, 岩性为碎石土、砂质粘土; 全风化层以上为近均质含碎石土石混合边坡。强风化层厚 27.3~38.9m, 底界埋深 52.5m~60.5m, 风化较深, 岩体破碎, 强度较低, 岩体为板状构造, 岩层较薄层面多。由溢洪道所处位置地形地质条件可看出边坡滑移边界条件为: ①、两侧向褶曲轴向节理裂隙面为切割面(或上下游山体切割临空面), 残坡积层、全风化层与强风化的分界面为底滑面, 河道方向为临空面形成的三角形滑移体。受地表降水影响, 暴雨期, 雨水变为地下水下渗过程中, 由于全风化岩体透水性较强风化岩体透水性大, 地表水渗流至此界面附近将因透水性变小而在此界面附近形成地下水集中渗流面, 水量集中后软化岩体使该部位形成一易滑动面。②、两侧向褶曲轴向节理裂隙面为切割面(或上下游山体切割临空面), 强风化层的外倾层面为底滑面, 河道方向为临空面形成的三角形滑移体。该机制底滑面由于存在多个层面, 但经稳定计算滑弧及剪出点情况分析, 最危险底滑面为剪出点相对应外倾层面, 由此计算出的滑弧为最小安全系数滑面就是该机制最危险底滑面。

4.3 计算软件选择

高边坡稳定计算采用 Slide 软件进行建模和计算分析, 计算方法为简化 Bishop 法, 鲁布水库为 7 度地震区, 基本地震动峰值加速度为 0.1g。

4.4 典型剖面选取

溢洪道开挖边坡表层为近土质边坡, 散体结构, 选定最

危险剖面为: 地形坡度最陡, 坡高最大剖面, 为溢洪道 0+20.0m 桩号。桩号 0+20.0(A-A') 横剖面工程地质剖面图如图 2 所示:

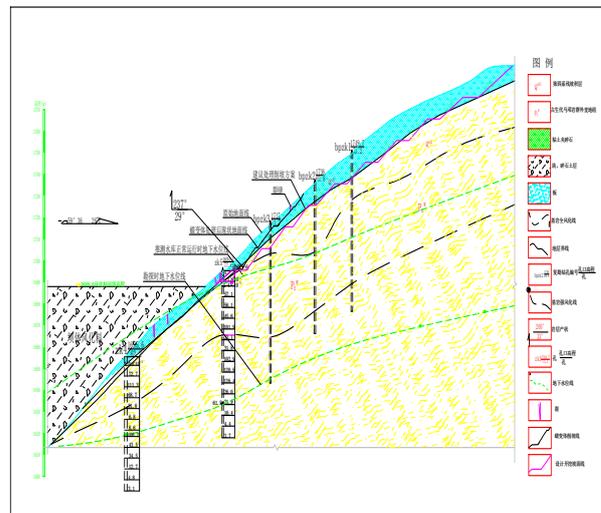


图 2 桩号 0+20.0(A-A') 横剖面工程地质剖面图

4.5 边坡运用条件划分及对应计算工况

边坡运行工况荷载组合如表 2 所示:

正常运用条件: 溢洪道边坡投入运用后经常发生或持续时间长的情况。

非常运用条件 I: 正常运用条件下边坡排水失效引起边坡土体饱和情况。

非常运用条件 II: 正常运用条件下遭遇地震, 本工程基本地震设防烈度为 VII 度。

表 2 边坡运行工况荷载组合

计算工况	岩体自重	条块间作用力	地下水作用	坝体荷载	地震荷载	备注
正常运用条件	√	√	√	√		边坡削坡、减荷断面
非常运用条件 I	√	√	√	√		边坡削坡、减荷断面
非常运用条件 II	√	√	√	√	√	边坡削坡、减荷断面

4.6 边坡抗滑稳定安全系数标准

根据《水利水电工程边坡设计规范》(SL386-2007), 溢洪道右侧边坡级别设定为 3 级边坡, 边坡抗滑稳定安全系数见表 3:

表 3 边坡抗滑稳定安全系数取值表

运用条件	安全系数 K
正常运用条件	1.20~1.15
非常运用条件 I	1.15~1.10
非常运用条件 II	1.10~1.05

4.7 边坡稳定计算成果及成果可靠性分析

计算方法为圆弧形滑动面的 Bishop 法^[6], 计算成果见表 4:

表4 边坡稳定计算成果表

设计方案	计算工况	计算断面	安全系数 计算值	安全系数规 范值	是否满足 规范要求
初始边坡	正常运用条件	原始断面	1.132	1.20~1.15	不满足
	非常运用条件 I	原始断面(排水失效)	0.822	1.15~1.10	不满足
清除蠕变 体后边坡	正常运用条件	蠕变体清除后断面	1.000	1.20~1.15	不满足
	非常运用条件 II	蠕变体清除后断面	0.864	1.10~1.05	不满足
设计开挖 边坡	正常运用条件	边坡削坡、减荷断面	1.367	1.20~1.15	满足
	非常运用条件 I	边坡削坡、减荷断面	1.05	1.15~1.10	不满足
	非常运用条件 II	边坡削坡、减荷断面	1.106	1.10~1.05	满足
	非常运用条件 I +Φ219 砼桩	边坡削坡、减荷断面	1.099	1.15~1.10	不满足
设计边坡 沿板结面 滑动工况	正常运用条件	边坡削坡、减荷断面	1.332	1.20~1.15	满足
	非常运用条件 I	边坡削坡、减荷断面	1.091	1.15~1.10	不满足
	非常运用条件 II	边坡削坡、减荷断面	1.051	1.10~1.05	满足
	非常运用条件 I +Φ219 砼桩	边坡削坡、减荷断面	1.229	1.15~1.10	满足

5 工程处理措施建议

从以上分析计算,溢洪道高边坡在原始边坡及蠕变体开挖边坡安全系数均不满足规范要求,需要进行工程处理,从经济及边坡稳定综合考虑设计开挖边坡,设计边坡为分台削坡,分为九台,最上一台坡高14m,其余每台坡高10m,最上两台坡比为1:1.5,中间四台坡比为1:1.2,最底下3台坡比为1:1,详见A-A工程地质剖面图。设计开挖边坡在正常运行工况及正常运行工况加地震工况满足规范要求,但在排水失效

工况仍不满足规范要求,建议在削坡基础上还需进行工程处理,在设计优化边坡上喷锚、固脚、边坡地表及地下排水综合措施处理,确保溢洪道右侧高边坡削坡后坡面排水通畅,坡面设排水孔,边坡边界及台面设排水沟,在一、二、三级台面打Φ219砼钢管桩固脚,桩距1.0m,深度15~20m。根据分析计算最不利滑块剪出口位置与代表性岩层产状组合关系,可能滑出的层面埋深最大约10m,建议中部锚杆深13.0m,两侧渐变为5.0m,工程处理后消除了设计边坡排水失效不稳定工况,边坡总体稳定^[6]。

6 结束语

在元江县鲁布水库大坝右岸溢洪道开挖高边工程地质勘察设计中,通过合理布置其勘察方法,采用多种勘探、试验手段,查清了高边坡潜在不稳定体的成因及工程地质条件,经多方案比较,提出了技术可行、经济合理的处理方案。

参考文献

- [1]陈德贤.水利水电地质勘察技术现状与发展的若干思考[J].低碳世界,2018,(12):108-109.
- [2]孙志峰,路殿忠,卢丽莎,等.新的《水利水电钻探规程》修订过程和内容变化[J].水利技术监督,2003,(04):25-26+52.
- [3]李天扶.水电水利工程边坡设计规范编制的若干问题[J].电力标准化与技术经济,2008,(03):43-45.
- [4]冯建国.不同标准中固结试验方法及稳定标准分析[J].资源环境与工程,2016,30(03):287-289.
- [5]罗仲贤.水利水电工程钻孔压水试验规程将重新修订[J].陕西水利,1988,(02):40.
- [6]常士骧,张苏民.工程地质手册(第四版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2007,(4):204-208.