

# 论地质条件对某水电站坝型选择的影响

张文丽, 王小霞

(成都理工大学 环境与土木工程学院, 成都 610059)

**摘 要:** 某水电站的地质条件比较复杂, 在前期地质工作不足的情况下, 认为在此处的工程地质条件总体较优, 混凝土拱坝和心墙堆石坝都比较适合; 随着坝址区地质勘测的深入, 在分析研究了重力坝与拱坝方案存在的主要工程地质问题后, 进而比较了上述坝型地质条件的各自利弊, 最后推荐了心墙堆石坝。

**关键词:** 风化卸荷; 坝肩稳定; 坝型比较

中图分类号: T V742; P642. 4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)03-0220-03

## Study of Influence of Geology Condition on the Choice of Dam Type in the Reservoir

ZHANG Wen-li, WANG Xiao-xia

(College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

**Abstract:** The geology condition is very complicated in the reservoir. Arch dam and gravity dam were recommended when the geology information was insufficient during the preparatory stage of the project. In pace with the progress of the geology exploration in dam site area, major engineering geological problems of both gravity dam and arch dam are studied, the gains or losses of each above mentioned dam type is compared. Finally the gravity dam is recommended.

**Key words:** weathering relaxation; stability of dam abutment; the comparison of dam type

某水电站工程位于四川省境内的大金川河上。大坝初定为重力坝, 坝顶高程 2 600 m, 最大坝高 312 m。正常蓄水位 2 500 m, 库容约 27. 32 亿  $\text{m}^3$ , 装机容量 2 000 MW。坝址处控制流域面积 39 330  $\text{km}^2$ , 多年平均流量 527  $\text{m}^3/\text{s}$ 。前期导流洞和中期导流洞在坝址区的左岸, 后期导流洞布置在坝址区的右岸。

### 1 地形地质条件

坝址区河谷属高山深切曲流河谷, 发育于花岗岩体中, 两岸山体雄厚, 河谷深切, 谷坡陡峻, 临河坡高 1 000 m 以上, 自然坡度左岸 35~ 50°、右岸 45~ 60°。高程 2 800 m 以下呈略不对称的峡谷状“V”型谷, 该高程以上可见多级谷肩状平台, 显示出谷坡上部两层宽谷和夷平面地貌、下部岸坡常形成上缓下陡略呈弧形弯曲光面与光滑陡崖颇为壮观的花岗岩深切峡谷地貌景观。坝址区上游右岸发育有 SSW 向深切的一条沟, 沟口发育呈扇形分布的二级冲洪积阶地, 由于沟内物质的冲出, 将河道主流撇向左岸, 现沟口下游还残留大渡河古河道特征(见图 1)。

坝址区出露地层岩性主要为花岗岩杂岩体——燕山早期似斑状黑云钾长花岗岩( $\gamma_{k5}^2$ )和晚期沟内二云二长花岗

岩( $\gamma_{k5}^2$ )。似斑状黑云钾长花岗岩( $\gamma_{k5}^2$ ), 位于可杂岩体内的南东侧, 呈不规则状岩株分布于坝段左岸、河床及右岸 2 600 m 高程以下, 岩石呈灰白色, 由斑晶和基质两部分组成, 具似斑状结构, 块状一片麻状构造, 部分具有由斑晶定向排列组成的流线构造。岩石坚硬完整, 微风化至新鲜岩块湿抗压强度一般达 53~ 115 MPa; 沟内二云二长花岗岩( $\gamma_{k5}^2$ )以岩基产出, 在坝址区主要分布于右岸 2 600 m 高程以上及沟口一带, 坝址区上游局部呈枝状插入侵入于左岸黑云钾长花岗岩体中, 与其呈焊接接触。岩石为灰白色, 具细—中粒结构, 块状一片麻状构造, 岩体坚硬完整。另外, 河床及谷坡中下部坡脚地带分布有第四系(Q)松散堆积物, 成因类型是冲洪积堆积和崩坡积堆积。

坝址区区域性断层不发育, 但是小断层和错动带比较发育, 坝址区无一级断层, 全部为二~三级断层(错动带), 一共 89 条。一级结构面有 F1, 破碎带宽度达 1.3~ 3.9 m, 影响带宽 3~ 12 m, 延伸长度大于 700 m; 二级结构面为破碎带宽度 0.2~ 1 m、延伸长百余米, 共有 38 条; 三级结构面为破碎带宽度小于 0.2 m、延伸长数十米, 共有 50 条; 四级结构面主要为优势方位明显或随机分布的连续性差的节理裂隙, 根据裂隙的延伸长度进一步划分为 1 长大裂隙和 2 一般裂

\* 收稿日期: 2006-10-15

基金项目: 成都理工大学地质灾害与环境保护国家专业实验室开放基金(DZZH123)

作者简介: 张文丽(1981-), 女, 成都理工大学在读硕士研究生, 助理工程师, 研究方向为岩土工程, 现主要从事预概算、地质灾害监测和防治工程设计研究工作。

隙两个级别。

坝区岩体强风化不发育,以弱风化、微风化为主,以裂隙式或夹层风化为主要特征。岸坡强风化水平深度0~12 m,零星分布,一般出现在低高程和高高程;弱风化分布广泛,弱风化上段水平深度一般12~28.4 m,弱风化下段水平深度一般28.4~58 m;中高程无强风化,弱风化垂直深度一般为16~40 m。强卸荷带和弱卸荷带基本上分别与弱风化带上

段和下段相对应。强卸荷带内岩体松弛严重,卸荷裂隙较发育;裂隙普遍张开,张开宽度一般0.5~10 cm,最大达50 cm以上,硇顶一般架空40~50 cm,最大达100 cm;充填岩屑及次生泥,多浸水、滴水。弱卸荷带岩体较松弛,裂隙一般张开1~5 mm,最大达10 mm;充填岩屑,部分可见次生泥,多潮湿—渗水。

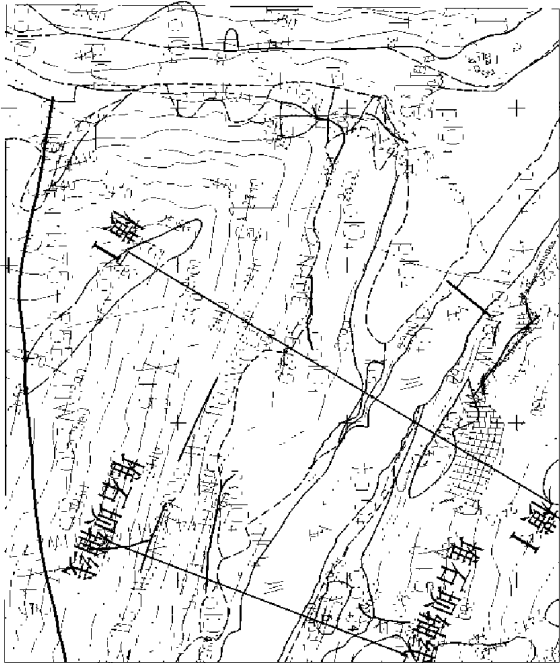


图1 某水电站坝址区的工程地质图

坝体堆石料场距坝址近,均为坚硬完整的花岗岩,质量和储量能满足工程要求,但地形较陡,开采场地较狭窄。近坝区无大型天然砂砾石料分布,天然砂砾石料十分匮乏。

2 主要工程地质问题

2.1 断层对坝型影响问题

坝址区顺坡裂隙发育,岩体中伟晶岩脉发育,存在主要由节理裂隙组成混凝土拱坝坝肩抗滑稳定的边界条件;右岸分布有规模较大的F1断层,其性状差,对混凝土拱坝坝肩抗滑、变形稳定不利,需进行处理。坝址区地应力高,坝基开挖后产生岩体卸荷松弛将可能对坝基变形、抗滑稳定和工程边坡稳定产生不利影响。

从建坝工程地质条件看,坝址工程地质对土心墙堆石坝方案适应性较好,建坝工程地质条件相对明朗。

2.2 坝肩稳定性问题

坝址河床覆盖层最大厚度为57.55 m,上、下部为漂卵石,中部为砂卵石,并夹多个砂层透镜体,层次结构复杂,作为坝基将存在不均匀变形、渗透稳定和砂层地震液化等问题;坝址两岸NW向顺坡裂隙发育,与缓倾角结构面组合对坝肩的稳定不利,坝址右岸卸荷带最大深度近80 m,且分布有NEE向宽约2~5 m的断层破碎带,对坝肩特别是拱坝坝肩的变形和抗滑稳定不利。

左岸错动带发育特征显示,其中产状为NW50~80°/SW的错动带较发育,中缓坝坡外偏下游,部分位于岩脉一侧(或两侧),并有伴有相对连续S状的断层泥,可能构成坝肩抗力体的底滑面,SPD9-f1和f31发育的NE85°-EW/SW(S)

图例

$alQ_4$	冲积堆积
$plQ_4$	洪积堆积
$colQ_4$	崩积堆积
$dlQ_4$	坡积堆积
$\eta_1^2$	燕山晚期二云二长花岗岩
$\eta_2^2$	燕山早期似斑状黑云钾长花岗岩
$T_2$	三叠系上统杂谷脑组变质砂岩夹板岩或千枚岩
	断层及其产状
	实、推测岩层界线
	基岩/覆盖层界线
	覆盖层内部界线
	卸荷拉裂体范围线
	勘探剖面及编号

∠35~55°和SPD13-f1中发育的N45W/SW∠41可能构成侧裂面,对拱坝坝肩稳定性不利。

右坝肩斜坡部位断层相对较发育,规模较大者主要可见NE向的F1断层,受F1断层影响,在其附近还发育有与其同组的小错动带,F1断层和其同组的错动带为陡倾角坡外,故可构成拱坝抗力体的侧裂面。并存在产状为N65°~80W/NE∠20~35°结构面倾坡外偏下游,其倾角小于右岸边坡的自然坡角,因此对坝肩抗滑和拱坝抗力体的受力不利,对施工期的坝肩开挖也不利。

2.3 地下厂房工程地质问题

堆石坝、拱坝地下厂房均深埋于似斑状花岗岩黑云花岗岩岩体或中细粒二云二长花岗岩岩体中,岩石致密坚硬,结构不发育,岩体较完整,多呈块状整体结构,具备良好成洞条件,均存在结构面不利组合和地应力的不利影响。但是拱坝的地下厂房的岩体中裂隙相对发育,地下水相对活跃,F1断层破碎带较宽,性状软弱,稳定性差,一定程度上制约地下厂房、引水洞进口及尾水洞出口布置,特别是拱坝地下厂房在F1断层以内岩体中布置;此外,尾水洞出口块碎石层分布高程较高,需挖除处理。因此在此方面,堆石坝的方案优于拱坝的方案。

2.4 坝体材料问题

在拱坝的坝轴线处的低高程两岸平硐勘查中查明了此处为高应力区,因为发现了有严重的片帮剥离现象,河床钻孔中饼状岩芯发育,而且部份钻孔中岩芯饼化相当密集,并且在个别的试验钻孔中它的σ1量值更是超过了30 MPa,且出现了岩芯饼化。并且开挖出来的岩块成粉状。这不能满足混凝土拱坝对材料的要求。

表 1 堆石坝和拱坝的工程地质条件比较			
比较项目		混凝土拱坝	心墙堆石坝
一般地形条件	地形	左岸 35°~ 50°、右岸 45°~ 60°, 拱坝部位河床宽 74 m, 坝顶长度 712 m	两岸坡角同拱坝。堆石坝部位河床宽 68 m, 坝顶长度 222 m
	地层岩性	基岩左右岸及其河床都为似斑状花岗岩, 且在右岸有少量二云二长花岗岩。河床砂砾石的最大厚度为 45 m, 一般为 24 m~ 41 m	基岩基本同拱坝, 但在右岸无二云二长花岗岩。河床砂砾石的最大厚度为 58 m, 一般为 26 m~ 44 m
	地质结构	右岸有 F1; 级结构面共有 38 条; 级结构面共有 50 条	同拱坝
	风化- 卸荷	左岸强风化- 卸荷带为 4~ 28.4 m, 弱风化- 卸荷带为 16~ 56 m; 右岸强风化- 卸荷带为 0~ 15.6 m, 弱风化- 卸荷带为 12.5~ 42 m, 且右岸的 2 580 m 处还出现的全风化	风化- 卸荷带同拱坝
主要工程地质问题	断层影响问题	分布有规模较大的 F1 断层, 其性状差, 对混凝土拱坝坝肩抗滑、变形稳定不利, 需作混凝土塞, 处理难度大	对重力坝危害较小的小断层及两坝肩小断层 仅需作浅层混凝土塞及固结灌浆, 处理相对较易
	坝肩稳定性问题	左拱端风化- 卸荷较深, 断层发育, 岸体破碎, 高程 2 400 m 以上, 作拱坝稳定支座不合适	左、右坝肩适当开挖后, 经固结灌浆等措施后, 可满足要求
	地下厂房工程地质问题	拱坝的地下厂房的岩体中裂隙相对发育, 地下水相对活跃, F1 断层破碎带较宽, 性状软弱, 稳定性差	而堆石坝的地下厂房没有很大的断层存在
	坝体材料问题	高地应力, 开挖后的岩块释放应力后不能满足混凝土的强度	心墙骨料丰富, 且砂砾石料丰富

参考文献:

- [ 1 ] 张咸恭, 王思敬, 张倬元, 等. 中国工程地质学[ M ]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [ 3 ] 张倬元, 王士天, 王兰生. 工程地质分析原理( 第二版) [ M ]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [ 4 ] 曹伯勋. 第四纪地形地貌 [ M ]. 北京: 中国地质大学出版社, 1995.

( 上接第 219 页 )

较典型的是紫茎泽兰。在云南, 贵州等地, 这是比较常见的一种外来物种, 在耕作活动的控制下, 它很难立足于耕地中。一旦耕地抛荒, 或是用于造林而缺少高强度的人工控制, 它们就有了进入耕地的机会, 在较短的时间内就遍布耕地中。

退耕地造林活动也可引起与生物入侵问题。贵州省西部地区广泛引入的造林树种滇柏, 在其成林之后, 因其透光率较地, 当成材后株距 2 m 左右的情况下, 许多当地的阳生植物将无法继续生存。此外, 当地的温差等气候气象因素有效地限制了一些害虫的生存和发展, 滇柏的大面积种植, 有可能极大地改善它们的生存小气候环境, 为这些害虫提供良好的避难场所; 同时, 伴随而来的害虫失去了天敌的控制, 容易泛滥成灾。虽然滇柏的扩散速度非常缓慢, 甚至不如本土物种。但在它所占据的区域内, 对许多本土物种都会造成毁灭性的危害。该树种的大面积引入, 不可避免的导致区域生物多样性的降低, 造成生态安全上的隐患, 对生态系统的健康参考文献:

- [ 1 ] 刘茂松, 张明娟. 景观生态学- 原理与方法[ M ]. 北京: 化学工业出版社, 2004. 140~ 145.
- [ 2 ] 马克明, 傅伯杰, 黎晓亚, 等. 区域生态安全格局: 概念与理论基础[ J ]. 生态学报, 2004, 24( 4 ): 761~ 768.
- [ 3 ] 第三届中国环境与发展国际合作委员会生态安全课题组( ETF/CCICED ). 第一年度( 2002 ) 课题组报告[ R ]. 2002.
- [ 4 ] 阎传海. 宏观生态学[ M ]. 北京: 科学出版社, 2003. 83~ 160.
- [ 5 ] 任志远, 张艳芳, 等. 土地利用变化与生态安全评价[ M ]. 北京: 科学出版社, 2003. 95~ 121.
- [ 6 ] 张金屯, 等. 数量生态学[ M ]. 北京: 科学出版社, 2004. 58~ 98.

而坝区的土料均为粉质黏土, 具有较好的防渗性和抗渗能, 虽对高土石坝心墙而言, 土料颗粒偏细, 强度不能满足要求, 但只需需掺碎石改善其力学性能, 以满足高土心墙堆石坝对土料的要求; 且坝区附近出露的花岗岩, 强度高, 完整性好, 储量丰富, 可以满足大坝堆石料的技术要求。

3 坝型比较

堆石坝和拱坝的轴线相距大约 100 m, 因此, 两种坝型相处的地形、地质条件基本相同。但由于堆石坝和拱坝的受力不同。因此, 对地质和地形条件的要求是不同的。两种坝型的比较见表 1。

对拱坝而言, 坝线部位河床较宽, 坝顶长度较长, 左右拱坝肩分布有数条小断层与拱轴线大角度相交, 且在拱座处, 断层泥遇水软化变形, 对拱坝危害较大, 左拱端风化- 卸荷带较深, 断层发育, 岩体破碎, 高程 413 m 以上, 不能满足作拱坝支座的要求, 另外, 坝区是高应力区, 它开挖出来的岩块不能满足混凝土强度的要求, 这是拱坝方案的主要缺点。相比较而言, 重力坝坝线部位河床较窄, 坝顶长度较短, 断层及风化- 卸荷带对工程影响较小, 工程处理量小, 相对容易, 洞线进水口条件较好, 所需砂砾石丰富, 地质条件较好。因此, 从工程地质条件比较, 重力坝方案优于拱坝。

4 结 论

坝址区的地形、地质条件对坝型的选取及水工建筑物的总体布置是非常重要的, 本水库坝址区的地质条件适宜修建重力坝。

康产生严重的威胁。这将导致当地生物资源的开发空间严重萎缩, 对于生态可持续与经济可持续的协调构成巨大的障碍, 使退耕还林战略目标的实现得不到有效的保障。

4 讨论与结论

退耕还林工程是中国当前最为宏大的生态修复与重建工程。其终极目标应当是恢复、重建可持续的区域生态格局, 为区域社会经济的可持续发展提供良好的生态环境保障和生态资源库。当前退耕还林还草必须完成构建优良的区域生态安全格局、保护生物多样性、抑制外来物种入侵等目标, 必须为区域社会经济可持续发展提供优良的生态环境基础和丰富的生物资源库, 这应当作为退耕还林还草工程的首要目标。为此, 在工程实施过程中, 必须遵循区域生态安全格局的原则、生态恢复的物种原则以及遏制外来物种入侵。在工程的前期, 必须对实施方案做详细、认真的生态安全论证。