

四方井水库坝型比选分析

刘波¹, 刘鹏¹, 杨平荣¹, 李丹²

(1. 江西省水利规划设计研究院, 江西 南昌, 330029; 2. 江西科技学院管理学院, 江西 南昌 330098)

摘要:宜春市温汤河四方井水利枢纽工程坝址条件复杂, 分布软弱夹层、溶洞等不利构造。根据地质条件提出粘土心墙坝、混凝土重力坝两种坝型方案, 再结合枢纽布置、施工布置、工期、边坡处理、工程量及静态总投资等方面综合分析, 得出粘土心墙坝为合适坝型。可为类似工程提供坝型比选参考。

关键词:坝址条件; 粘土心墙坝; 混凝土重力坝; 坝型比选

中图分类号:TV62²

文献标识码:B

文章编号:1004-4701(2019)04-0252-06

0 引言

坝型比选是水电建设中的重要任务之一, 选择工程适应性好的坝型, 对工程建设和后期运行维护起决定性作用。目前, 不同工程的坝型选定因素均不相同。王党在等^[1]依据地形地质条件、枢纽建筑物布置、机电及金属结构、施工条件、施工工期、建设征地与移民安置、环境影响、投资等选定坝型。黄春华等^[2]从建筑物规模、工程地质条件、交通、施工及运行管理等方面综合对比分析选定坝型。刘勇等^[3]综合考虑施工布置、施工导流和工程投资等因素选定坝型。本文基于四方井复杂的地质条件, 考虑软弱夹层、溶洞等不利构造, 提出黏土心墙坝与混凝土重力坝两种方案, 再结合枢纽布置、施工布置、工期、边坡处理、工程量及静态总投资等因素选定合适坝型。

1 工程概况

宜春市温汤河四方井水利枢纽工程位于赣江流域袁河支流温汤河下游, 地处宜春市袁州区湖田镇坪田村, 坝址位于温汤河干流与仙巩水支流交汇口下游1.6km 斫洲里河谷处, 距宜春市中心城约7km, 坝址

以上控制流域面积约173km², 正常蓄水位152.00m (黄海高程, 下同), 总库容1.192 6×10⁸m³, 是一座以防洪、供水为主, 兼顾发电等综合效益的大(2)型水利枢纽工程^[4]。

2 地质条件

2.1 坝址工程地质条件

坝址区属构造剥蚀低山丘陵和河流侵蚀堆积地貌, 坝区发育F1、F2、F7、F8等4条断层, 其中F1、F2断层规模较大, 两断层在坝址区呈叠瓦式构造, 其走向与坝轴线近垂直。F1断层左侧(即左岸与河床一带)分布震旦系松山群老虎塘组千枚状变质砂岩、千枚岩; F2断层右侧(即右岸一带)分布侏罗系中统林山群第二岩组石英砂岩、含炭粉砂岩及石英质砂砾岩等。F1、F2断层之间(即河流Ⅰ级阶地一带)分布石炭系上统船山组第一岩组第一层白云岩。坝区断层位置如图1所示。

两岸地形不甚对称, 左岸山体较雄厚, 坝肩高程在240.00m以上, 山坡平均坡角35°~40°。右岸山体单薄, 山头高程177.08m, 山坡平均坡角30°~35°, 两岸冲沟较发育。河谷呈“U”型, 主河床分布在谷底左侧, 宽10~20m, 无深槽分布, 河床右侧为宽160.00~180.00m的Ⅰ级阶地。不良物理地质现象不发育。左、右岸坡及冲沟

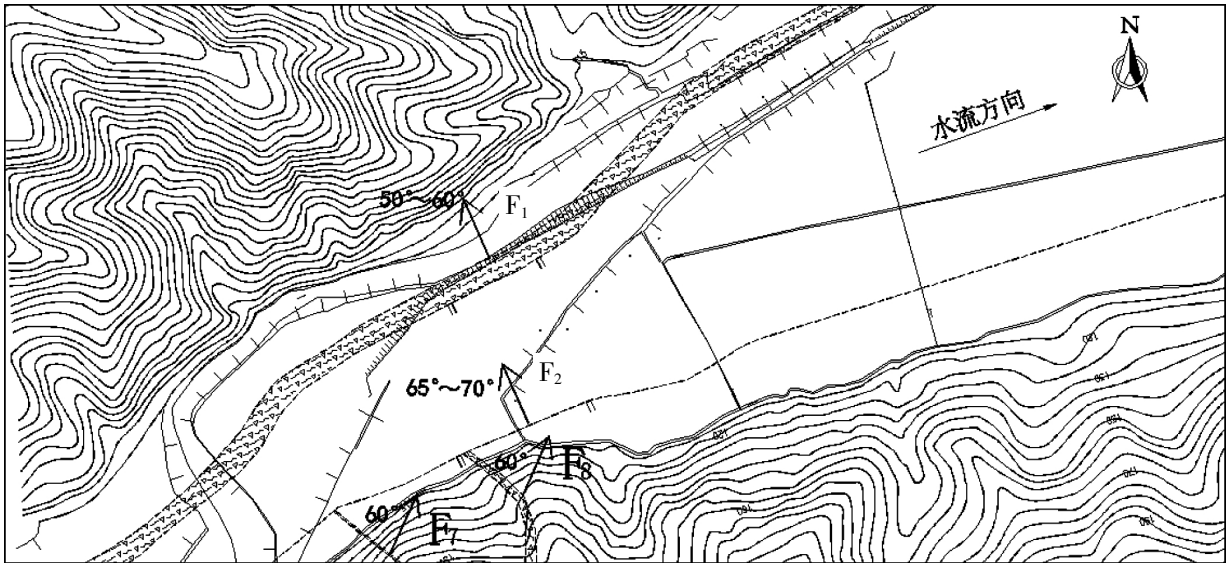


图 1 坝区断层位置分布图

分布粘土夹碎石、砾质粉质粘土等,局部为碎石土,左岸厚 0.30~1.80m,冲沟处稍深,局部边坡裸露基岩;右岸厚 0.70~1.90m,冲沟处厚度一般 3.00~3.90m,局部边坡裸露基岩。河床分布砂卵砾石、漂石等,厚 1.00~4.15m,局部基岩裸露,沿 F2 断层及附近一带厚 6.30~7.60m。Ⅰ级阶地分布壤土、砂壤土等,厚 0.30~2.50m;其下为砂卵砾石、漂石等,厚 1.20~3.70m,沿 F1、F2 断层及其附近一带厚度达 5.90~7.90m。左岸及河床分布千枚岩、千枚状变质砂岩^[5],Ⅰ级阶地左侧分布白云岩;右侧及右岸分布石英砂岩、石英质砂砾岩及含炭粉砂岩。千枚岩与含炭粉砂岩为原生软弱夹层,另在Ⅰ级阶地及右侧岸坡发育多条次生软弱夹层。发育 F1、F2、F7、F8 等 4 条断层,以 F1、F2 断层规模较大,F1、F2 断层对坝基有影响,岩体破碎,完整性差。岩溶发育程度为中等,属构造带岩溶,其发育及分布受断层构造控制,其分布范围较小,多浅埋,易于处理,对工程建设影响不

大。

2.2 水文地质条件

左坝肩地下水埋深 18.50m,高程 147.16m,右坝肩地下水埋深 48.05m,高程 128.81m,均低于正常蓄水位。坝基相对隔水层顶板埋深为:左岸 11.00~32.00m,河床及Ⅰ级阶地一般 8.70~20.00m,断层破碎带及其影响带一般为 34.45~59.80m,右岸一般 25.00~50.90m。左侧岸坡全、强风化下限埋深分别为 1.30~7.00m、5.80~15.40m;右侧岸坡多无全风化,强风化下限埋深为 1.00~9.80m;河床及Ⅰ级阶地多无全强风化,弱风化下限埋深一般为 20.00~23.90m。Ⅲ类岩体顶部埋深一般较浅,左侧岸坡埋深为 12.20~13.40m,右侧岸坡埋深为 6.00~14.20m,河床及Ⅰ级阶地埋深一般为 1.50~8.70m。

2.3 天然建材情况

根据可研阶段查勘资料,坝址天然建筑材料表见表 1。

表 1 可研阶段坝址天然建筑材料对比表

各天然建筑材料	砂料	砾石料	块石料及堆石料	土料			
				上鸟山土料场	青山湾土料场	易家坊土料场	四方井土料场
可研阶段	到峡江县巴邱镇河段外购,运距 120km。	工程附近无自行开采人工骨料料场,到宜春盛源采石二场购买,运距 17.2km。	斫洲里下石料场开采,运距 1.0km。	有用层储量 171.48×10 ⁴ m ³ ,运距 4km,不建议开采。	有用层储量 90.98×10 ⁴ m ³ ,运距 5.2km。	有用层储量 70.20×10 ⁴ m ³ ,运距 6.2km。	新增土料场,152.41×10 ⁴ m ³ ,运距 2.8km。

注:青山湾土料场及易家坊土料场亦可做粘土心墙坝的防渗体土料料场,斫洲里下石料场亦可做粘土心墙坝的坝壳料料场。

3 各坝型方案布置

3.1 坝址方案枢纽布置拟定

坝址河谷狭窄,出露地层为震旦系千枚状变质砂岩,石炭系白云质灰岩、碎屑状灰岩、炭质灰岩、结晶白云岩等,侏罗系石英砂岩、石英砂砾岩、炭质砂岩、细砂岩,但右侧岸坡坝基岩体的承载、抗滑、抗变形性能仍较差,且存在次生软弱夹层,需进行专门处理。另外峡谷下游地形开阔,当地具备建坝粘土料及块石料。

综合上述各种因素并结合项目建议书成果,选定两种坝型方案进行比较,分别为粘土心墙坝与混凝土重力坝两种坝型,方案相应枢纽布置为:

方案一:粘土心墙坝+右岸引水岸边厂房+右岸溢洪道泄洪

方案二:混凝土重力坝+坝后式厂房+坝身泄洪

3.2 坝址枢纽布置设计

(1)方案一:粘土心墙坝+右岸引水岸边厂房+右岸溢洪道泄洪方案

枢纽布置格局为主河床布置粘土心墙坝,发电厂房及供水管线布置于右岸坝下游300m处,为地面厂房,电站进水口布置于右岸,岸塔式布置,隧洞引水。溢洪道布置于右坝肩垭口处。

粘土心墙坝按100年一遇洪水设计,2000年一遇洪水校核,相应坝前最高水位分别为153.85m和154.46m。根据《碾压式土石坝设计规范》(SL274-2001)有关规定,初步计算确定坝顶高程156.20m。根据河床段基础地质条件,初步拟定河床建基高程105.00m,最大坝高52.00m。粘土心墙坝坝顶高程为156.20m,大坝的坝顶宽度为8.00m,在其坝顶上游侧设置1.20m高的防浪墙,墙顶高程157.00m,大坝最底点开挖高程为105.00m,最大坝高52.00m,坝顶总长335.00m;坝体上游边坡为1:2.2,在高程134.20m处设宽2.00m马道;下游边坡为1:2.2,在高程146.00m和131.00m处设宽2.00m的马道,在116.00m处设棱体排水平台。坝体上游坝坡采用厚0.20m的C25现浇混凝土护坡,下游坝坡采用TBS护坡。

(2)方案二:混凝土重力坝+坝后式厂房+坝身泄洪方案

枢纽布置格局为主河床布置混凝土重力坝,发电

引水系统布置于右坝段,岸塔式进水口,采用一洞三机型式引水,坝后式地面明厂房布置于右坝段坝脚,溢流堰布置于河床中部,挑流消能,坝下游布置消力池。

混凝土重力坝坝顶高程155.70m,建基面高程92.00m,最大坝高63.70m,坝顶宽8.00m,坝轴线长349.33m。坝上游面118.00m高程以上为垂直,118.00m高程以下为1:0.3的边坡,坝下游面150.70m高程以上为垂直,150.70m高程以下为1:0.8的边坡。坝内设有基础灌浆排水廊道,基础灌浆排水廊道底高程为111.00m,断面尺寸2.50m×3.50m(宽×高)。

3.3 基础处理

针对坝基次生软弱夹层,拟定多项方案进行处理:封闭抽排、抗滑桩、抗拉锚索、换填等方案。

由于次生软弱夹层埋深较深、数量较多、指标较低,封闭抽排、抗滑桩及抗拉锚索方案均不能很好的处理该地质问题。最终拟定采用换填方案进行处理。采用两个程序——《水利水电工程设计计算程序集》v3.0中的I重力坝设计软件包下I-2重力坝深层抗滑稳定计算程序和理正岩土计算软件中的重力坝计算程序对重力坝深层抗滑稳定进行计算,并结合手算进行了复核,将坝踵位置下埋深高程89.23m处的次生软弱夹层AB挖除换填后,坝体深层抗滑稳定能满足规范要求。计算公式采用《混凝土重力坝设计规范(SL319-2005)》附录E坝基深层抗滑稳定计算的公式,具体如下:坝基深层存在缓倾角结构面时,根据地质资料可概化为单滑动面、双滑动面和多滑动面,进行抗滑稳定分析。双滑动面为最常见情况,如图2。

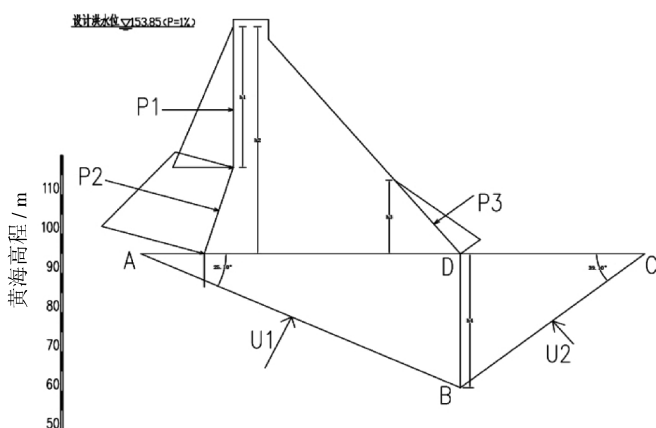


图2 重力坝深层抗滑稳定计算简图

4 坝型比较与选择

4.1 工程地质条件及适宜性对比

坝址工程地质条件满足两种坝型建坝要求，但重力坝坝址区存在软弱夹层、岩溶、大断层等复杂的地质条件，对混凝土重力坝的稳定影响较大。两坝型工程地质条件比较见表 2。

4.2 坝型方案主要工程量及投资

两坝型方案工程量及投资见表 3。

5 结论与意见

据四方井水库地质资料，再结合枢纽布置、工程量和静态总投资等方面综合技术分析。坝址地形、地质条件两种坝型均宜建设，枢纽布置均具备条件，工期也均有保障，且工程投资相对接近（重力坝次生软弱夹层处理除外），但考虑到重力坝坝基次生软弱夹层处理难度较大，处理费用较高，软弱地基对重力坝的稳定及后期沉降均有影响，故不推荐采用混凝土重力坝，经综合比

表 2 各坝型工程地质条件比较表

比较项目	方案一	方案二	适宜性评价
地形地貌	位于峡谷内，坝体工程量较大	位于峡谷内，坝体工程量较小	方案二优于方案一
抗滑稳定	对坝基要求不高	存在表层及深层抗滑稳定问题	方案一优于方案二
地基承载力及变形	对坝基要求不高	次生软弱软层存在地基承载力及变形问题	方案一优于方案二
边坡稳定	/	边坡开挖较浅	方案一优于方案二
适应构造稳定方面	适应性好	适应性差	方案一优于方案二

表 3 各方案主要工程量及投资比较表

方案	方案一	方案二
主要工程量	粘土心墙坝：土石方开挖:13.06 万 m³，土方填筑:18.85 万 m³，堆壳料填筑:87.34 万 m³，混凝土及钢筋混凝土:7.17 万 m³，钢筋:40.39t，固结灌浆:5 152m，帷幕灌浆:29 319m。 溢洪道：土石方开挖:31.96 万 m³，混凝土及钢筋混凝土:2.55 万 m³，钢筋:466t，固结灌浆:900m。 进水口及发电厂房：土石方开挖:6.27 万 m³，混凝土及钢筋混凝土:0.68 万 m³，钢筋:504t。	非溢流坝：土石方开挖:26.23 万 m³，混凝土及钢筋混凝土:33.95 万 m³，钢筋:184t，固结灌浆:21 660m，帷幕灌浆:18 413m。 溢流坝段：土石方开挖:2.21 万 m³，钢筋混凝土:5.46 万 m³，钢筋:824t，固结灌浆:5 140m，帷幕灌浆:627m。 进水口及发电厂房：土石方开挖:3.26 万 m³，钢筋混凝土:0.77 万 m³，钢筋:167t。 次生软弱夹层换填石方开挖 19 万 m³，C15 混凝土回填 19 万 m³。
施工方案	采用围堰一次断流，全年围堰挡水，隧洞导流的导流方式。	采用围堰一次断流，全年围堰挡水，隧洞导流的导流方式。
枢纽建筑工程投资	2.05 亿元	3.11 亿元
综合比较结论	综合比较，工程投资少，对坝基要求低，料源方面存在的不确定性小，且可尽量利用开挖料，减少弃料，较优，为坝址代表性枢纽布置方案。	综合比较差，次生软弱夹层处理难度大，工程投资远高于其它方案。

较与分析,选定粘土心墙坝为推荐坝型。

参考文献:

- [1] 王党在, 窦向贤, 程鲲, 等. 猴子岩水电站坝型选择研究[J]. 四川水力发电, 2018, 37(05): 89~92.
- [2] 黄春华, 夏甜, 陆雪萍, 等. 大龙水库工程地质条件分析与坝址坝型比选[J]. 广东水利水电, 2018(11): 117~119.
- [3] 刘勇, 杨秀华, 杨兰. 中型水库坝址工程地质条件分析及坝型比选[J]. 水利规划与设计, 2018(08): 134~136.
- [4] 袁会平. 宜春市四方井水利枢纽工程开工建设[J]. 江西水利科技, 2017, 43(03): 187.
- [5] 郑达, 巨能攀. 千枚岩岩石微观破裂机理与断裂特征研究[J]. 工程地质学报, 2011, 19(3): 317~322.

编辑: 张绍付

Comparison and analysis of dam type comparison of Sifangjing reservoir

LIU Bo¹, LIU Peng¹, YANG Pingrong¹, LI Dan²

(1. Jiangxi Provincial Water Conservancy Planning and Designing Research Institute, Nanchang 330029, China;

2. Jiangxi Institute of Science and Technology, Nanchang 330098, China)

Abstract: The dam site conditions of Sifangjing water control project of Wentanghe river in Yichun city are complex, with unfavorable structures such as weak interlayer and caves. According to the geological conditions, two kinds of dam type schemes, namely clay core wall dam and concrete gravity dam, are proposed. Combined with the layout of the hub, construction layout, construction period, slope treatment, engineering quantity and static total investment, the clay core wall dam is selected as the suitable dam type. A dam type comparison reference can be provided for similar projects.

Key words: Clay core wall dam; Concrete gravity dam; Dam type comparison

翻译: 刘 波