

# 德江县沙滩水库工程坝型比选分析

王嘉斌

贵州省水利水电勘测设计研究院有限公司

**摘要:** 坝型比选是水库枢纽设计的重点工作之一。为选出沙滩水库枢纽技术可行、经济合理的坝型,依据坝址地形地质条件,初拟碾压混凝土重力坝和混凝土面板堆石坝进行比选;结合枢纽布置、施工条件、工程占地、运行管理及工程投资等方面综合分析,最后推荐碾压混凝土重力坝方案。

**关键词:** 沙滩水库; 碾压混凝土重力坝; 混凝土面板堆石坝; 坝型比选

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.06.048

## 引言

挡水大坝是水利建设工程重要建筑物之一,大坝拦断河床阻挡水流,抬升水位而形成水库,水库通过调节上游来水,发挥防洪、发电与供水等效益。水库枢纽工程的兴建,通常会针对不同坝型的安全性、实用性、可行性和经济性进行比选分析,选出综合指标最优的坝型<sup>[1]</sup>。选择合理坝型,可优化枢纽布置、保障枢纽建筑物安全运行,有效工程建设投资,充分发挥工程效益<sup>[2-3]</sup>。坝型比选涉及坝址地形条件、枢纽布置、施工条件、后期运行管理以及工程投资等重要影响因素<sup>[4]</sup>。

## 一、工程概况

沙滩水库工程位于贵州省德江县复兴镇沙滩村境内,坝址位于沙滩河闹沟泉段老鹰岩,距复兴集镇5km,距德江县城35km。

沙滩水库建设主要任务是灌溉、工业园区供水、集镇供水及农村人畜饮水,供水范围包括复兴镇与煎茶镇,年供水量3085万m<sup>3</sup>,其中工业园区供水1741万m<sup>3</sup>,集镇供水107万m<sup>3</sup>,灌溉及农村人畜饮水1237万m<sup>3</sup>。

沙滩水库总库容2298万m<sup>3</sup>,工程规模为中型,工程等别为III等。其主要建筑物为3级,次要建筑物为4级。枢纽推荐坝型碾压混凝土重力坝设计洪水标准为50年一遇,校核洪水标准为500年一遇。

## 二、坝址地形地质条件

推荐坝址位于沙滩河下游河段,闹沟泉村寨下游约300m处,河谷为对称“V”型横向谷,谷底宽25~45m,河床高程682~686m,平水期河水深0.5~1.5m。左岸受上下游1#、2#冲沟切割,地形较单薄;770m高程以下地形坡度40~60°,局部为陡崖;770m高程以上地形坡度15~30°,山顶高程为821m。右岸山体相对雄厚,810m高程以下地形坡度40~60°,局部存在陡壁;810m高程以上地形坡度15~20°,山顶高程为864m。坝址区域呈剥蚀低山地貌及河谷地貌,宽高比约2.8。

坝址分布第四系残破积层(Q<sup>e1+d1</sup>)和冲洪积层(Q<sup>al+pl</sup>),下伏基岩为志留系中上统韩家店群灰绿色、黄灰色粉砂岩夹泥岩,泥岩约占10%。区域内无断层,层面及裂隙面平直闭合。不存在较大软弱夹层。强风化岩体带呈黄、黄白色,节理裂隙发育,岩体破碎,弱

风化岩体呈黄灰色,节理裂隙较发育,岩体较破碎;微~新岩体呈灰绿色,节理裂隙不甚发育,岩体较完整。

## 三、适宜坝型分析拟定

### (一) 适宜坝型分析

坝址河段地形较为宽缓,宽高比较大,岩层呈横向软硬相间分布,坝肩岩层弱风化承载力较低,左岸山体较薄弱且下游存在小冲沟,两岸山体可开挖隧洞,则从地形地质条件看,不宜修建对两岸坝肩稳定要求很高的拱坝,可修建重力坝和堆石坝。坝址岩层呈50°陡倾上游,无断层穿过,无较大裂隙发育,结构面闭合,经分析不存在重力坝深层抗滑稳定问题。料场位于坝址下游1km处唐家山一带,主要为浅灰、灰黑色厚层灰岩与白云质灰岩,储量丰富,可满足重力坝或面板坝的填筑要求。故选择碾压混凝土重力坝和混凝土面板堆石坝进行坝型分析比选。

### (二) 碾压混凝土重力坝方案布置

该方案由混凝土重力坝+坝顶开敞式设置溢洪道+左坝身取水兼放空系统+右岸倒流系统组成。

重力坝坝顶高程为756.500m,坝顶宽10m;河床段建基面高程672.000m,最大坝高84.5m;下游坝坡坡比1:0.85。大坝采用C15三级配碾压砼,基础垫层为C20常态混凝土;坝体上游迎水面依次为护面C20变态砼厚0.5m,C20防渗层碾压砼厚度1.5~3.5m。防渗帷幕沿坝轴线向两岸山体内布置,单排布置,孔距2m。

坝顶溢洪道位于河床中部,WES堰顶高程为746.000m,前沿净宽16m,设置两孔8m×7m(宽×高)弧形钢闸门;溢洪道泄槽净宽16m,泄槽坡比1:0.85;泄槽末端采用2孔各自单独窄缝挑流消能,挑流坎顶高程692.00m,挑角 $\alpha=0.00^\circ$ ,单孔挑坎末端宽度为2.5m。

取水兼放空系统位于左坝身段,取水口采用三层取水方式,底槛高程分别为703m、719m及735m,其底层孔兼作放空底孔。坝内埋设DN2000取水兼放空钢管,大坝下游放空闸室内分为DN1600取水管和放空管,放空管末端接DN1600锥形消能放空阀,DN300生态环境水下放管从取水管上分出。

### (三) 混凝土面板堆石坝方案布置

该方案由面板堆石坝+右岸洞式设置溢洪道+左岸取水兼放空系统+右岸导流系统组成。

混凝土面板堆石坝坝顶高程为755.500m,防浪墙顶高程为756.700m,坝顶宽8m,最大坝高80.50m;上、下游坝坡坡比均为1:1.4,上游C30钢筋砼面板厚0.4~0.5m;下游干砌石护坡厚0.5m;C30钢筋砼趾板采用平趾板形式,趾板宽6m,平段厚0.8m,宽4m。防渗帷幕沿趾板、溢流堰布置后向两岸山体延伸,但排布置孔距2m。

右岸无压洞式溢洪道由引渠段、控制段、收缩段、溢洪洞段、泄槽段、窄缝挑流消能段组成。引渠底板高程731.000m；WES堰顶高程为743.000m，前沿净宽12m，设置两孔6m×10m（宽×高）弧形钢闸门；收缩段、溢洪洞段及泄槽段的底板坡比1：7，收缩段宽度由14.5m渐变为8m；溢洪洞段及泄槽段净宽8m；泄槽末端采用一孔窄缝挑流消能方式，挑流坎顶高程690.00m，挑角 $\alpha=0.00^\circ$ ，挑坎末端宽度为2.5m。

左岸取水兼放空系统由引渠段、取水口、洞身段、洞内埋管段、明管段、放空阀室组成。引渠段底板高程为701.000m；取水口取水形式及底坎高程与重力坝方案相同；有压洞身段位于帷幕灌浆前，开挖呈马蹄形，内衬成DN2000圆形；洞内埋管及明管段的取水兼放空压力钢管均为DN2000；明管末端分为DN1600取水管和放空管，放空管末端接DN1600锥形消能放空阀，DN300生态环境水下放管从取水阀室上分出。

#### 四、各方案优缺点对比分析及坝型选择

##### （一）地形地质条件

坝址区地形地貌均能满足碾压混凝土重力坝和混凝土面板堆石坝布置，其地质条件对比如表1。综合地形地质条件看，重力坝方案优于面板坝方案。

##### （二）枢纽建筑物布置

碾压混凝土重力坝将溢洪道与取水放空设施布置于坝身，建筑物布置紧凑，占地面积相对较小，开挖边坡较低。混凝土面板堆石坝由于两岸无天然垭口，左岸下游存在冲沟且地形呈内凹型，只能在右岸陡高山体内布置洞式溢洪道，其进口形成顺向高边坡；取水兼放空系统布置于左岸，建筑物布置较为分散，占地面积相对较大。碾压混凝土重力坝的枢纽布置较混凝土面板堆石坝优。

##### （三）施工条件

（1）两方案的枢纽对外交通相同，混凝土面板堆石坝方案场内工作面较多，场内交通布置较重力坝方案复杂。碾压混凝土重力坝建筑交叉较多，施工相互干扰较面板坝方案较大。混凝土面板堆石坝方案建筑物施工内容较多，施工工序较复杂。

（2）两方案均采用上下游围堰一次拦断河床，利用隧洞导流的施工导流方式，导流洞均布置在右岸，面板坝方案导流洞较重力坝方案长约100m；由于面板坝方案导流标准较高，则导流洞断面和上游围堰工程量较重力坝方案大；汛期施工时，重力坝允许坝面临时过水，而堆石坝不允许临时过水，临时挡水还需作坝面防渗防冲处理，因此碾压混凝土重力坝较优。

（3）经计算，重力坝施工工期40个月，多于面板坝方案的34个月，主要由于重力坝施工过程中会考虑汛期坝体临时过水，以及高温季节因控制混凝土温度应力而停止施工。

##### （四）库区淹没、占地面积及水环投资

混凝土面板堆石坝校核洪水标准较高，则其库区淹没投资较重力坝方案要大。面板坝方案枢纽布置分散，开挖量和回填量均较大，则其枢纽、渣场与料场占地面积均相对较大，进而枢纽区的水环投资也较重力坝方案高，因此碾压混凝土重力坝方案较优。

##### （五）工程运行管理

碾压混凝土重力坝方案溢洪道、取水兼放空系统位于坝身，无其他单体建筑物，建筑物位移、应力及设备工作状态等监测系统布置较少，工程运行维护也较为简便。混凝土面板堆石坝方案均为单体建筑物，除坝体需设置渗压计、位移计、面板脱空计外，洞式溢洪道及取水兼放空系统还需设置边坡与洞身的位移、应力等监测

表1 重力坝方案与面板坝方案地质条件对比表

项目	碾压混凝土重力坝方案	混凝土面板堆石坝	比较结果
坝基持力层选择	基础持力层岩体要求较高： ①河床段基础位于弱风化岩体底部； ②沿两岸基础逐渐抬升至弱风化上部。	基础持力层岩体要求较低： ①河段段趾板基础位于弱风化中部； ②沿两岸趾板基础逐渐抬升至强风化中部； ③堆石体基础只需清除覆盖层和松动石块。	面板坝略优于重力坝
坝基、坝肩抗滑稳定评价	①大坝基础不存在深坑或临空面； ②岩层陡倾上游，无缓倾裂隙发育，不存在深层滑动； ③坝基开挖可能存在局部浅层滑动，不影响大坝安全。	①堆石体基础不存在不存在倒悬体和临空面； ②趾板基础开挖可能存在局部滑塌，不影响坝体安全； ③两坝肩不存在滑动稳定问题。	两者相当
开挖边坡稳定性评价	①河床段基础开挖逆向边坡高10~15m，不存在滑动问题； ②岸坡基础开挖边坡最高约20m，为斜向坡，滑动问题不突出，经常规处理即可保持稳定。	①河床段趾板基础开挖逆向边坡稿8~12m，不存在滑动问题； ②左右岸坡趾板上游边坡高达80m，且基本位于覆盖层和强风化岩体内，滑动问题突出； ③取水口及溢洪道进口边坡均为顺向坡，需采用锚索加固处理等措施。	重力坝优于面板坝
防渗帷幕	①两岸无可靠隔水层，但地下水位高于正常蓄水位，采用悬帷幕； ②坝体段沿坝轴线直线布置，在平硐里实施灌浆，后期易检修； ③两坝肩采用平硐灌浆，帷幕线较短。	①两岸防渗端点、防渗地界及防渗标准与重力坝相同； ②坝体段帷幕沿趾板布置，帷幕线较长，趾板下游山体较薄，灌浆效果不佳，且后期盖重下趾板帷幕难检修； ③右岸坝肩防渗帷幕需绕至溢流堰上，帷幕线较长； ④左岸防渗帷幕需穿过取水兼放空隧洞，可能影响防渗效果。	重力坝优于面板堆石坝

表2 枢纽各坝型方案枢纽直接工程投资对比表

项目名称	单位	碾压混凝土重力坝	混凝土面板堆石坝
挡水大坝	万元	15384.40	10511.13
防渗帷幕	万元	1261.11	1378.33
泄洪工程	万元	2284.19	5189.63
取水兼放空系统	万元	1279.82	1825.98
交通及建筑工程	万元	2936.85	3319.26
机电金设备及安装工程	万元	2075.81	2318.74
施工导流及临时工程	万元	3687.04	4339.29
库区淹没投资	万元	24719.63	25119.63
枢纽区占地	万元	3154.14	3468.32
枢纽区直接工程投资	万元	56782.99	57470.31

表3 枢纽各坝型综合比较表

项目	碾压混凝土重力坝方案	混凝土面板堆石坝方案
正常蓄水位	753.000m	753.000m
坝基持力层	S <sub>2-3</sub> hn <sup>2</sup> 粉砂岩夹泥岩	S <sub>2-3</sub> hn <sup>2</sup> 粉砂岩夹泥岩
坝顶高程/最大坝高	756.500m/84.5m	755.500m/80.5m
坝轴线长/坝顶宽度	200.25m/10m	195m/8m
土石方开挖量	24万m <sup>3</sup>	42万m <sup>3</sup>
坝体回填量	36万m <sup>3</sup>	90万m <sup>3</sup>
帷幕线长/防渗面积	535m/22134m <sup>2</sup>	740m/27255m <sup>2</sup>
枢纽直接工程投资	56782.99万元	57470.31万元

仪器，则工程运行管理相对复杂。从后期工程运行管理来看，碾压混凝土重力坝方案较优。另外，若发生超标洪水且泄洪放空障碍时，重力坝允许坝体临时过水，而面板坝可能造成溃坝风险，所以重力坝抗风险能力较面板坝强。

**(六) 枢纽工程直接投资**

在未考虑各坝型方案的枢纽区水环保投资时，碾压混凝土重力坝方案枢纽工程投资56782.99万元，混凝土面板堆石坝方案枢纽工程投资为57470.31万元，从节约工程投资的角度看，碾压混凝土重力坝方案较优。

**(七) 坝型综合比较及选择**

依据前述综合分析，碾压混凝土重力坝方案和混凝土面板堆石坝方案各有优缺点：①各方案均能适应坝址地形地质条件，无需作特殊基础处理；②碾压混凝土重力坝布置紧凑，但施工干扰较大，混凝土面板堆石坝布置分散，但施工工序较复杂；③各方案施工条件相当，面板坝施工临时工程较多，重力坝施工工期较长；④面板坝方案淹没多、占地多，水环保投资较高；⑤重力坝方案运行维护较为渐变，且抗风险能力较强；⑥从枢纽工程直接投资看，碾压混凝土方案较优。经技术经济综合分析，该工程选择碾压混凝土重力坝方案作为推荐坝型。

**五、结语**

本文针对沙滩水库拟建大坝，选择了碾压混凝土重力坝和混凝土面板堆石坝两种坝型方案进行比选分析，从枢纽坝址地形地质条件、枢纽建筑物布置、施工条件、库区淹没、枢纽占地、运行管理、工程投资等方面进行技术经济综合比较，最终选择枢纽布置紧凑、占地面积较少、运行维护较简便、抗风险能力较强及工程投资较少的碾压混凝土重力坝作为推荐方案。

**参考文献**

[1] 黄曦妮. 寻乌县太湖水库坝型比选分析[J]. 江西水利科技, 2017, 43(1): 31~34.  
 [2] 王小红, 范福平, 杨志雄. 引子渡水电站坝型选择及枢纽布置[J]. 水利发电, 2001(09): 35~37.  
 [3] 刘永梅. 基于价值工程的小型水库坝型方案优选[J]. 中国水运, 2016(07), 158~159+181.  
 [4] 陈志强, 侍克斌. 水利枢纽工程坝型选择影响因素的分析[J]. 中国农村水利水电, 2007(08): 62~66+69.  
 [5] 德江县沙滩水库工程可行性研究报告[R]. 贵阳: 贵州省水利水电勘测设计研究院有限公司, 2016.  
 作者简介: 王嘉斌(1988-), 男, 贵州德江人, 工程师, 硕士, 主要从事水利水电工程设计工作。