

基于锦凌水库泄水建筑物的方案比选研究

王福振

(锦州市义县水利局, 辽宁 锦州 121100)

【摘要】 锦凌水库位于小凌河要道,该水库工程除保证水位在安全水位线以下和提供市民用水外,还需保持并优化水库地下水条件。该枢纽泄水建筑物有溢流坝段和底孔坝段,建筑物级别为2级。水库泄水建筑物的型式对下游消能冲刷、建筑物安全及工程投资影响甚大,应尽量发挥混凝土坝的特点,把泄水建筑物布置在坝体上。因此,为了选择泄水建筑物型式,结合地形、水文与地质条件,满足各建筑物安全运行要求,对水库泄水建筑物进行方案比选,最终确定方案为堰顶高程为51.30m、泄流堰宽为150.0m。

【关键词】 锦凌水库;工程建筑物选择;泄水建筑物;对比

中图分类号: TV652.1

文献标识码: B

文章编号: 1005-4774(2017)010-0048-04

Comparative study of drainage building plans based on Jinling Reservoir

WANG Fuzhen

(Jinzhou Yixian County Water Conservancy Bureau, Jinzhou 121100, China)

Abstract: Jinling Reservoir is located at main trunk of Xiaoling River. The reservoir project not only should guarantee the water level is lower than the safe line and provide citizen water supply, but also should maintain and optimize the groundwater condition of the reservoir. The junction drainage building is composed of an overflow dam section and a bottom hole section. They belong to building level 2. The type of reservoir drainage buildings has a great influence on the downstream energy dissipation erosion, the safety of buildings and the investment of engineering. The characteristics of concrete dam should be played maximally. The drainage buildings are arranged on the dam body. Therefore, the terrain, hydrological and geological conditions. The safe operation requirements of all buildings should be met. Reservoir drainage building plans are selected. In the final determination plan, the weir crest elevation is 51.30 m, and the discharge weir width is 150.0m.

Key words: Jinling Reservoir; selection of engineering buildings; drainage buildings; comparison

1 基本概况

锦凌水库位于小凌河要道,该水库工程除保证水位在安全水位线以下和提供市民用水外,还需保持并优化水库地下水条件。锦州市处于水库下游方向9.5km处^[1],水库容水量8.08亿m³,拦河坝顶最高为48.29m,依照《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL 252—2000)中相干准则,确定该项水利工程为II

等,大(2)型工程。具体设计规定:永不撤除类关键构筑物(挡水坝段、流溢坝段、泄洪洞孔坝段、引水坝段和连接段)为2级;普通构筑物(如下游右岸防冲导墙)为3级;而可撤除类构筑物为4级。目前,锦州城市和沈山铁路的防洪标准分别为30~50年一遇和50年一遇,锦凌水库竣工后两者的防洪标准分别可提高到50~100年一遇和100年一遇,为了确保锦州市经济发

展、社会稳定,锦凌水库将于2020年开始每年为市民供给城市用水0.8932亿 m^3 。该枢纽泄水建筑物有溢流坝段和底孔坝段,建筑物级别为2级,采用防洪设计标准与挡水建筑物相同,大坝在正常运用时,洪水重现期为500年,相应库水位为61.32m,对应下泄流量为11444.0 m^3/s ;非正常运用时,洪水重现期为5000年,相应库水位为63.56m,对应下泄流量15271.0 m^3/s 。

2 泄水建筑物方案比选

2.1 泄水建筑物型式确定

枢纽大坝是一种混合坝,主要采用土坝为基本坝型,坝址处河床断面呈“U”形,正常蓄水位时河谷宽度约1070.0m,工程总体布置采用两岸土石坝段与主河槽混凝土重力坝段并列。由于大坝的主体建筑物规模较为庞大,主河槽断面较窄,下游河槽基本顺直,且工程地质受构造影响,覆盖层较厚,基岩节理裂隙发育,因此,泄水建筑物的型式对下游消能冲刷、建筑物安全及工程投资影响甚大,应尽量发挥混凝土坝的特点,把泄水建筑物布置在坝体上^[2]。

从以上几点出发,为了选择出泄水建筑物型式,结合该处的地形、水文与地质条件,并且要满足各建筑物安全运行要求,对下面三个方案进行研究分析:方案1,坝身泄洪——坝体设表孔、底孔泄洪;方案2,坝端泄洪——坝端溢洪道、泄洪采用泄洪洞;方案3,岸边泄洪——岸边溢洪道(不具备条件,开挖量较大)、泄洪采用泄洪洞。

经技术和经济比较,在混凝土坝坝体上设置泄流表孔和底孔,具有布置协调、水流顺畅、消能防冲设施简单等特点,且投资较低、管理方便,故采用方案1,即坝身泄洪。

各泄水建筑物型式的主要工程量及投资对比见表1。

2.2 消能型式选择

工程泄水结构为坝身泄洪,可以采用底流或挑流消能两种不同方式,主要考虑下游天然河道水深变幅小。因此选择两种方案作比较,挑选出最有效的消能

型式。

表1 各方案主要工程量及投资对比

| 项目 | 单位 | 方案1 坝身泄洪 | 方案2 坝端泄洪 | 方案3 岸边泄洪 |
|------------------|---------|-------------|-------------|-------------|
| 一、拦河坝 | | | | |
| 1、土石方开挖 | 万 m^3 | 50.77 | 37.55 | 28.89 |
| 2、土石方填筑 | 万 m^3 | 202.70 | 275.50 | 265.61 |
| 3、混凝土浇筑 | 万 m^3 | 24.53 | 2.11 | 1.38 |
| 4、块石护坡 | 万 m^3 | 2.63 | 8.26 | 4.68 |
| 5、碎石护坡及垫层 | 万 m^3 | 6.38 | 4.09 | 4.19 |
| 6、钢筋制安 | t | 1477 | 99 | 161 |
| 二、溢洪道 | | | | |
| 1、土石方开挖 | 万 m^3 | 15.26 | 174.94 | 271.33 |
| 2、土石方回填 | 万 m^3 | 4.04 | 22.88 | 49.20 |
| 3、混凝土浇筑 | 万 m^3 | 21.90 | 23.72 | 11.02 |
| 4、块石 | 万 m^3 | | 1.08 | 3.18 |
| 5、钢筋制安 | t | 1067 | 3558 | 4880 |
| 三、泄洪隧洞、导流隧洞、泄水 | | | | |
| 1、土石方开挖 | 万 m^3 | | 18.77 | 18.77 |
| 2、土石方回填 | 万 m^3 | | 5.18 | 5.18 |
| 3、混凝土浇筑 | 万 m^3 | | 0.97 | 0.97 |
| 4、块石 | 万 m^3 | | 0.45 | 0.45 |
| 5、钢筋制安 | t | | 927 | 927 |
| 四、引水隧洞、引水坝段、引水竖井 | | | | |
| 1、土石方开挖 | 万 m^3 | 0.61 | 0.73 | 1.82 |
| 2、混凝土浇筑 | 万 m^3 | 1.68 | 2.58 | 0.21 |
| 3、钢筋制安 | t | 209 | 228 | 119 |
| 五、工期 | 年 | 4.6 | 4.6 | 4.6 |
| 六、主体工程投资 | 万元 | 40040.11 | 46236.27 | 52732.16 |
| 七、溢洪道出口搬迁投资 | 万元 | | 2554 | 6446 |
| 八、总计 | 万元 | 40040.11 | 48790.27 | 59178.16 |
| 九、与推荐方案差值 | 万元 | 0 | 8750.16 | 19138.05 |

方案1:底流消能;方案2:挑流消能。

深入研究工程地质条件,并与河道地形相结合,下列因素会对消能型式选择产生影响:①基岩抗冲能力不高;②下游水深变幅小,水位较浅,洪水峰高量大;③河床有较厚的第四系覆松散砂砾石覆盖层;④单宽泄洪功率和流量较大。

a. 挑流消能方案。该方案采用反弧半径 R 为

25.0m、挑射角 θ 为 5.0° 形式的连续鼻坎挑流消能。坝体剖面底长 43.91m, 现采用高程 37.50m 的挑流鼻坎, 经实地考察研究, 该套方案会产生深度为 9.73m 的冲坑, 其中还包括连接段前趾, 建基面以下, 冲刷深度 3.46m, 产生距离为 75.21m 的水舌挑射。

b. 底流消能方案。采用 USBR II 型消力池, 其中消力池尺寸为 $7.45\text{m} \times 72.5\text{m}$ (池深 \times 池长), 平均厚度 2.6m 的底板。坝体剖面底长 48.4m, 在消力池下游铺设长为 84.0m 干砌石海漫。

c. 方案优化比较。

④ 挑流消能。方便维修、投资少、结构简单是挑流消能的最大优点; 通过历史统计、分析, 发生 500 年一遇洪水时, 洪水冲击会在河底形成冲坑, 深度可达 7.03m, 距坝趾为 21.2m, 当发生 5000 年一遇洪水时, 洪水冲击会在河底形成深度达 9.73m、距坝趾为

10.3m 的冲坑。形成坡比为 1:4 的冲坑上游坡, 该冲坑会产生影响, 但不会影响到河道其他地方, 下游连接段和大坝能继续保持其原有的稳定。在水库附近引起雾化, 不会影响水库附近的道路以及两岸边坡。

由于下游存在较厚覆盖层, 致使工程下游段水位较浅, 并且该工程底部的基岩抗冲能力并不显著。水库泄洪时会对河床产生影响, 需要清淤, 确保安全。

⑤ 底流消能方案。对地质条件要求较低是该方案最大优点, 表现在对尾水变幅有较好的适应性, 下游河道会因水流的原因而产生微小冲刷, 产生微小雾化现象。

但综合上述两个方案, 由于采用单宽泄洪方式, 其泄洪流量及功率都大, 因此, 需要提高消力池的抗冲耐磨强度, 以抵消泄洪冲击, 所以工程量相对较大。

不同方案投资比较及工程量见表 2。

表 2 溢流坝消能方案及投资比较

| 堰顶高程 | | 挑流消能方案 | | | 底流消能方案 | | |
|-----------|----------------|---------|------------|-------|---------|-------|-------|
| 堰宽 | 单位 | 土石坝 | 溢流坝 + 挡水坝段 | 连接段 | 土石坝 | 溢流坝 | 连接段 |
| 土石方开挖 | 万 m^3 | 16.52 | 12.78 | 18.63 | 18.25 | 54.33 | 11.36 |
| 土石方填筑 | 万 m^3 | 176.31 | 4.85 | 6.04 | 179.30 | 7.73 | 1.51 |
| 混凝土浇筑 | 万 m^3 | 0.58 | 27.09 | 13.80 | 1.41 | 30.71 | 10.53 |
| 钢筋制安 | t | 168 | 1282 | 221 | 385 | 3465 | 201 |
| 主体建筑工程总投资 | 万元 | 35286.3 | | | 40678.1 | | |

⑥ 结论。综上所述, 挑流消能方案要少投资接近 5400 万元人民币; 在优化时, 发现泄洪对大坝影响不大, 最终选定为挑流消能型式。

安全性和协调性作为考虑选择底孔坝段消能型式的要素。按照设计使用要求, 底孔泄洪频繁使用, 水库下游水位较低, 溢洪道运行要晚于底孔泄洪。经过以上各种水库运行条件对比分析, 不建议该水库选择底流消能型式。因为该方案投资成本较大, 不能保证水库坝体的稳定性, 最终选定挑流消能型式^[3]。

2.3 孔口尺寸确定

a. 底孔。锦凌水库采用蓄洪运用方式, 为便于水库拉沙, 保证引水坝段取水质量, 同时避免小频率洪水溢流坝表孔闸门的频繁启动, 要求底孔在汛限水位

(59.60m) 时, 尽量利用弃水以利排沙, 保证库水位不超高, 最大泄洪量为 $1589\text{m}^3/\text{s}$ 。

在溢流坝段右侧且与引水坝段相邻设置两个底孔坝段, 布置 4 个底孔, 孔口尺寸为 $4.0\text{m} \times 6.0\text{m}$ 。经水库泥沙分析, 上游淤沙高程为 32.10m ($P=2\%$), 按水库拉沙、放空及保证在死水位情况下底孔为有压出流, 确定底孔进口底板高程为 31.00m。

b. 溢流表孔。

⑦ 溢流坝表孔运用要求。当水库库水位达到 59.60 ~ 59.84m 时, 要求溢流坝表孔控泄流量小于 $6922\text{m}^3/\text{s}$; 当水库库水位达到 59.84 ~ 60.52m 时, 要求溢流坝表孔控泄流量小于 $7570\text{m}^3/\text{s}$; 当水库库水位超过 60.52m 时 (100 年一遇标准以上), 要求溢流坝表孔全部敞泄, 最大泄流量 $13574\text{m}^3/\text{s}$ 。

④ 比较方案的确定。经对工程不同正常高水位的洪水调节分析,以正常蓄水位 60.00m 进行不同堰顶高程泄流宽度的方案比较,经初步分析单宽泄量对下游冲刷及对枢纽总布置的影响,可研阶段选择堰顶高程为 51.00m、52.00m、53.00m,组合泄流净宽为 135.0m、150.0m、180.0m、195.0m 共 11 组方案进行比较。

通过对各方案单宽泄量、坝顶高程、建筑物工程量、主体工程投资的对比分析,堰顶高程为 52.00m、泄流净宽为 165.0m 方案的突出优点是单宽泄量最小,冲坑最浅,下游冲刷影响及工程投资等综合特性相对其他方案较优,因此,推荐此方案。

根据水利部水利水电规划设计总院对工程可研报告的批复意见:“初设阶段应结合泄水建筑物位置调整和相应的整体水工模型试验进一步优化工程总体布置”,该设计阶段对泄水建筑物断面型式、消能型式、消能防冲、流态观测进行多方案整体水工模型试验,研究各种水力现象及泄流设施泄洪对枢纽布置的影响,并对设计选定坝址进行工程地质详勘^[4]。

研究发现,该水库不仅有较厚的河床覆盖层,而且坝基建基面为弱风化熔岩,节理裂隙发育,强度低,为

较软岩~中硬岩;通过消能、防冲计算分析和模型验证,可研阶段枢纽布置由于溢流坝段左侧与连接段直接相邻、底孔坝段出流受下游河床地势影响,泄洪时,会冲刷河道两侧,产生严重影响^[5]。

为此该设计阶段对泄水建筑物的布置进行重新调整,将泄水建筑整体向河道左侧平移 60.0m,并在溢流坝段左侧与连接段之间增设一个挡水坝段,在右岸引水坝段与连接段之间增设两个挡水坝段。

结合上述枢纽布置调整,该阶段比较方案的确定是在可研泄流规模比较的基础上,选择前四组最优方案并结合该次设计优化方案,共为五个方案作为比选方案进行对比分析,最终确定该次设计阶段的溢洪道孔口尺寸^[6]。

比较方案如下:方案 I,堰顶高程 51.00m,单孔净宽 15.0m,10 个表孔;方案 II,堰顶高程 51.00m,单孔净宽 15.0m,11 个表孔;方案 III,堰顶高程 52.00m,单孔净宽 15.0m,10 个表孔;方案 IV,堰顶高程 52.00m,单孔净宽 15.0m,11 个表孔;方案 V,堰顶高程 51.30m,单孔净宽 15.0m,10 个表孔。

各比较方案综合特性对比分析结果见表 3。

表 3 溢流坝各比较方案特性

| 方案 | 堰顶高程/m | 堰净宽/m | 最高水位/m | 坝顶高程/m | 单宽泄量/(m ³ /s) | 闸孔数量 | 挑距/m | 冲坑深度/m | 流速/(m/s) | 投资/万元 |
|----------|--------|-------|--------|--------|--------------------------|------|-------|--------|----------|----------|
| 方案 I | 51.00 | 150.0 | 63.50 | 65.86 | 92.6 | 10 | 75.17 | 10.07 | 23.82 | 38958.00 |
| 方案 II | | 165.0 | 63.10 | 65.70 | 88.0 | 11 | 74.22 | 9.18 | 23.64 | 39117.60 |
| 方案 III | 52.00 | 150.0 | 63.95 | 66.41 | 87.36 | 10 | 75.85 | 9.31 | 24.02 | 39426.50 |
| 方案 IV | | 165.0 | 63.56 | 66.20 | 83.20 | 11 | 74.93 | 8.49 | 23.84 | 39678.50 |
| 方案 V(推荐) | 51.30 | 150.0 | 63.56 | 66.00 | 90.49 | 10 | 75.21 | 9.73 | 23.84 | 38849.30 |

从溢流坝堰顶高程来看:对于不同堰顶高程方案,堰顶高程越高,相同堰净宽的坝顶高程越高,主体工程投资就越大,如方案 III、方案 IV;对于相同堰顶高程方案,堰净宽越长,坝顶高程越低,但主体工程投资较高,如方案 II、方案 IV。因此,从溢流坝堰顶高程对比,方案 I 即堰顶高程 51.00m,堰净宽 150.0m 最优。

从单宽泄量来看:堰顶高程越高、堰净宽越长,泄流冲坑越浅,对下游冲刷及建筑物安全越有利,但是主

体工程投资则较高,如:方案 II、方案 IV。

因此,从溢流坝单宽泄量对比,方案 II 即堰顶高程 52.00m,堰净宽 165.0m 最优,但投资比方案 I 多 159.6 万元。

通过上述对比分析,前四个方案中,方案 I 坝顶高程较低,投资最省,但是单宽流量相对较高,在此基础上进行进一步优化(降低闸门高度、降低单宽泄量,单宽流量控制在 90m³/s),经比较, (下转第 108 页)

江西省弋阳龙门湖水利风景区

景区位于江西省上饶市弋阳县境内,依托龙门湖水库而建,景区规划面积4.42km²,其中水域面积1km²,



属于水库型水利风景区。

景区是整合南岩佛窟、天然卧佛、龙源峡等旅游资源建成的水利风景区。景区区位优势明显,地处龙虎山、三清山、武夷山和景德镇、婺源的中心位置,森林旅游资源丰富,天然植被非常茂盛,绿树丛林,四季郁郁葱葱,环境湿度较低,蕨类植物生长良好。丹霞地貌特色鲜明,山峰奇秀,丘陵连绵,风光绚丽。

(上接第51页)

最终确定方案V即堰顶高程为51.30m、泄流堰宽为150.0m,为该阶段设计采用方案。

3 结语

通过研究锦凌水库坝体泄水建筑物稳定性分析和应力计算,比选泄水建筑物研究方案,研究溢流坝段布置方案,确定建筑物型式和消能型式;从溢流坝堰顶高程和单宽泄量两方面,确定泄洪坝的设计施工方案。为锦凌水库工程泄水建筑物建设提供了详实数据依据,为工程建设奠定了坚实的基础保障。◆

参考文献

- [1] 袁剑军. 土石坝防渗墙黏土混凝土材料的工程应用初探[J]. 水利建设与管理, 2013(2): 33-35.
- [2] 徐飞. 沈阳地区水资源短缺原因分析及对策研究[J]. 水资源开发与管理, 2015(1): 24-26.
- [3] 夏建军. 胶结材料筑坝技术在白土岭水电站的应用[J]. 中国水能及电气化, 2014(11): 14-16.
- [4] 苏艳宇. 瓦房店市小岭水库除险加固工程建设探究[J]. 黑龙江水利科技, 2015(1): 127-129.
- [5] 任妍儒. 瓦房店市东沟水库除险加固工程分析[J]. 水利规划与设计, 2016(4): 35-37.
- [6] 章皖东. 浅谈监理工程师对水利工程项目投资的控制[J]. 水利科技, 2012(4): 117-118.