

乌江白马航电枢纽工程船闸总体布置研究

陈思源

重庆白马航运建设发展有限公司

DOI:10.32629/hwr.v4i7.3194

[摘要] 乌江白马航电枢纽工程船闸线路选择采用左厂房右船闸的整体布置方案。同时针对工程自身特点并结合水工模型试验,提出右岸船闸与导流明渠结合布置和左岸厂房与导流明渠结合布置的两类船闸布置方案。为寻求最佳布置方案,重点从施工导流、通航条件、工程量大小和工程投资等方面对其进行分析比选,论证了右岸船闸与导流明渠结合布置具有投资省、工期短、效益高等明显优势。

[关键词] 乌江白马航电枢纽工程; 船闸布置方案; 水工模型试验; 分析比选

1 工程概况

重庆市乌江白马航电枢纽位于乌江干流下游的重庆市武隆区境内,上距银盘水电站约46km,下距乌江河口约43km,集水面积为83690km²,占乌江流域面积的95.2%。是乌江干流的最下游一个梯级,开发任务以航运为主,兼顾发电,并具有对银盘水电站运行进行反调节的作用。

白马枢纽正常蓄水位184.00m,相应库容1.67亿m³;校核洪水位201.93m,相应总库容3.74亿m³。枢纽由挡水建筑物、泄洪建筑物、电站厂房、通航建筑物及鱼道等组成。挡水建筑物坝型为混凝土重力坝,最大坝高87.5m;电站装机容量480MW,安装3台单机容量为160MW的轴流式水轮发电机组;船闸为500t级单级船闸,兼顾1000t级单船通行,等级为IV级,闸室有效尺度为190m×23m×4.7m(长×宽×门槛水深)。白马航电枢纽工程建设工期99个月,计划于2020年7月份开工建设一期工程,2030年3月底工程完工。

2 船闸线路比选

工程初设阶段,笔者与设计人员一道对白马航电枢纽船闸线路(左船闸右厂房、左厂房右船闸)从工程技术及运行条件、工程投资以及对周边环境的影响3个方面进行了分析研究。

2.1 工程技术及运行条件

若船闸布置在左岸,虽下游引航道的通视条件较好。但上、下游引航道直

线段长度只有55.0m,靠船建筑物需布置在转弯段的上、下游,离闸首的距离较远,降低了船闸的通过能力;而且坝址下游450m石梁河从左岸汇入,下游引航道穿过石梁河出口,下游靠船建筑物也正对石梁河出口,在石梁河流域出现大暴雨或较大流量时,下游引航道调顺段、停泊段和口门区的通航水流条件不能满足要求;同时厂房和泄洪建筑物布置在河床中部,枢纽发电及泄洪时下泄水流直冲左岸,受河势和地形条件的限制,不可能在引航道右侧布置较长的隔流堤,下游引航道口门区及连接段的通航水流条件也不能满足要求。

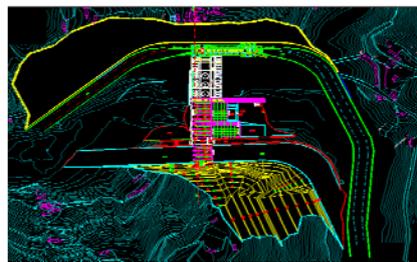


图 1

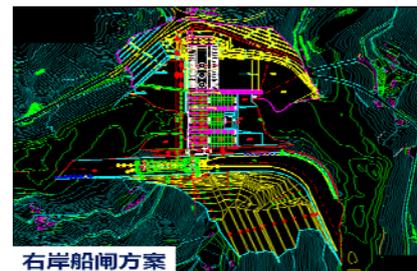


图 2

若船闸布置在右岸,在采取将上闸首、闸室和部分下闸首伸入上游水库的工程措施后,上、下游引航道的直线段长度均能满足规范要求,靠船建筑物离闸首的距离较近,船闸通过能力较大;同时枢纽发电及泄洪时的下泄水流、石梁河流域的洪水经弯道调整后进入下游河道,而且水流的流向与下游航道轴线的夹角较小,下游引航道口门区及连接段的通航水流条件较好。

2.2 工程投资

若船闸布置在右岸,船闸与导流明渠结合布置,枢纽总体开挖工程量较小。

若船闸布置在左岸,船闸与导流明渠分开布置,枢纽左右岸均需进行大规模的开挖,工程开挖量较大,投资较高。

2.3 对周边环境的影响

左岸船闸方案开挖工程量大,对周边环境的影响较大;左岸319国道改线工程量大,两座石梁河大桥均被挖除,需重建,对地方交通影响较大。

右岸船闸方案开挖工程量相对较小,对周边环境的影响较小;左岸319国道改线工程量较小,两座石梁河大桥均被保留,对地方交通影响也较小。

综合比较,船闸布置在右岸较为有利,船闸路线采用左厂房右船闸的整体布置方案。

3 船闸布置方案比选

3.1 施工导流

3.1.1 右岸船闸与导流明渠结合布置(方案一)

施工导流采用三期导流方案,各个时期的围堰均采用全年挡水围堰。

一期在右岸山体上开挖导流明渠,此期间由原河床泄流与通航。

二期进行主河床截流,修建二期上、下游围堰,形成二期基坑。在二期基坑内修建大坝泄洪坝段、厂房坝段及左岸非溢流坝段,由右岸导流明渠泄流与通航。

三期拆除二期上、下游横向土石围堰,封堵导流明渠,在导流明渠内修建三期上、下游围堰形成三期基坑。在三期基坑内修建船闸和右岸非溢流坝段,左岸已建成的泄洪设施泄流,此期间需断航;水库蓄水至正常蓄水位后,由三期围堰与左岸大坝共同挡水,第一批机组发电。

之后,工程进入后期导流阶段,拆除三期土石围堰至规定高程,枢纽大坝全线挡水,左岸电站陆续投产发电,江水由大坝溢流坝、发电机组下泄,直至工程完建。

3.1.2 左岸厂房与导流明渠结合布置(方案二)

一期先围左岸,修建左岸一期围堰,在其保护下开挖导流明渠,修建混凝土纵向围堰;同时进行右岸永久船闸开挖施工,此期间由原河床泄流与通航。

二期拆除一期围堰,主河床截流,修建二期上、下游围堰,形成二期基坑。在二期基坑内修建大坝泄洪坝段,继续施工右岸永久船闸等。此期间由左岸导流明渠泄流与通航。

三期拆除二期上、下游横向土石围堰,封堵左岸导流明渠,在导流明渠内修建三期上、下游围堰形成三期基坑。在三期基坑内修建厂房坝段及左岸非溢流坝段,已建成的泄洪设施泄流。当上游蓄水位达最低通航水位180.0m后,即由右岸已建成永久船闸通航。

之后,工程进入后期导流阶段,拆除三期土石围堰至规定高程,枢纽大坝全线挡水,左岸电站陆续投产发电,江水由大坝溢流坝、发电机组下泄,直至工程完建。

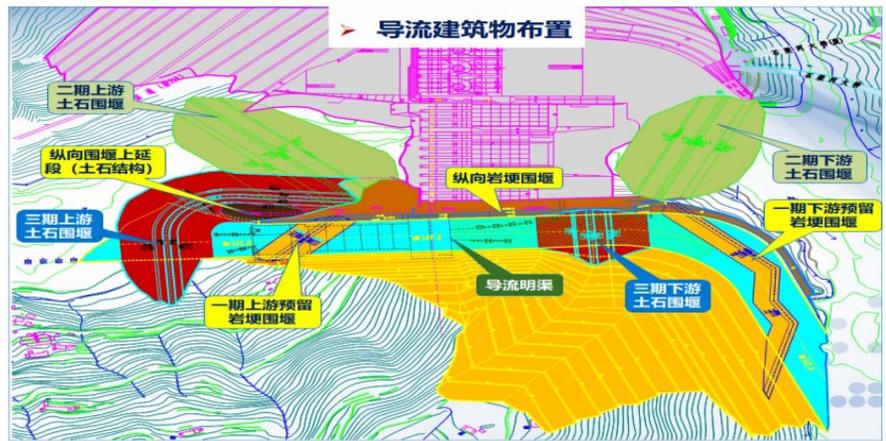


图 3

表 1 两方案布置主要指标对比

方案	施工期临时断航方案	施工期“不断航”方案	备注
施工导流方案	三期导流,各期围堰均全年挡水。一期围右岸,开挖导流明渠;二期围左岸,修建大坝泄洪坝段、厂房坝段及左岸非溢流坝段;三期封堵导流明渠,修建船闸和右岸非溢流坝段。	三期导流,一期枯水期围堰,其余各期围堰均全年挡水。一期围左岸,开挖导流明渠,修建混凝土纵向围堰(含冲沙坝段及导墙),同时开挖永久船闸基础;二期围右岸,修建大坝泄洪坝段、右岸非溢流坝段及永久船闸;三期封堵导流明渠,修建厂房坝段及左岸非溢流坝段。	导流工程量增加: 土石方开挖约 475 万 m ³ ,土石方填筑 112 万 m ³ ,混凝土 6.8 万 m ³ ,混凝土防渗墙 4.18 万 m ² 。
施工期通航	通航规划	一期由原河床通航;二期枯水期由右岸导流明渠通航,汛期碍航;三期断航。	一期由原河床通航;二期枯水期由左岸导流明渠通航,汛期碍航;三期上游围堰填筑及拆除需断航,三期永久船闸通航。
	断航时间	二期临时碍航 2.43 个月 三期断航 38 个月 共断(碍)航 40.43 个月	二期临时碍航 4.5 个月 三期断航 6 个月 共断(碍)航 10.5 个月
工程量	土石方开挖 (万 m ³)	2428.76	2815.11
	混凝土 (万 m ³)	246.17	243.08
	土石方填筑 (万 m ³)	243.51	356.30
	围堰拆除 (万 m ³)	225.46	356.30
建筑及导流工程投资 (万元)		364520	401279
断(碍)航费用(万元)		98645.26	21620.0
总投资(万元)		463165.26	422899.0
工期	一期工程工期	22.5 个月(1 年 10.5 个月)	22.5 个月(1 年 10.5 个月)
	首批机组发电工期	69 个月(5 年 9 个月)	102 个月(8 年 6 个月)
	总工期	99 个月(8 年 3 个月)	110 个月(9 年 2 个月)
施工期发电量(亿 kW·h)		54.76	6.41
施工期发电效益(亿元)		18.56	2.17
			“不断航”方案投资含过坝交通洞 4900 万元
			天然最大通航流量为 6000m ³ /s;受三峡回水顶托,枯水期无最小通航流量限制,汛期最小通航流量为 385m ³ /s
			“不断航”方案投资含过坝交通洞 4900 万元
			两方案筹建工期均为 24 个月
			不含增值税上网电价 0.339 元/kW·h

3. 通航条件

3.2. 1 施工期通航流量

(1) 最小通航流量

方案一与方案二在枯水期间, 由于三峡水库蓄水回水影响, 不存在最小通航流量问题, 汛期在最小通航流量 $792\text{m}^3/\text{s}$ 下, 导流明渠最小水深约 3.67m , 均满足通航要求。

(2) 最大通航流量

方案一在二期导流期间, 江水自导流明渠泄流, 船舶只能从导流明渠通过。

汛期下游无三峡水库水位顶托时, 导流明渠最大通航流量为 $1000\text{m}^3/\text{s}$, 而汛期5~10月份50%频率各月月平均流量均大于 $1000\text{m}^3/\text{s}$, 通航保证率极低, 因此, 汛期导流明渠需断航。

方案二一期由原河床照常通航。

二期导流期间, 江水自导流明渠泄流, 船舶只能从导流明渠通过。本河段天然最大通航流量为 $6000\text{m}^3/\text{s}$, 在此流量下, 左岸导流明渠最大平均流速为 $2.82\text{m}/\text{s}$, 水面平均比降不超过1%, 导流明渠能够满足通航要求。

三期导流期间, 由船闸通航。由于

船闸的最低通航水位为 180.0m , 而对应的蓄水水位时间为 1.8d , 此期间需短时断航。

3.3 两类布置方案主要指标对比

由表1可知, 根据综合比较, 方案一右岸船闸与导流明渠结合布置更优于方案二左岸厂房与导流明渠结合布置。

4 结语

(1) 两类方案均采用三期导流, 导流复杂程度相当; 但施工期“不断航”方案需增加左岸一期枯水期围堰, 围堰布置难度加大, 围堰工程量增加。

(2) 施工期“不断航”方案导流明渠结合左岸厂房坝段布置在左岸, 宽度约 120m , 通航水力条件明显优于右岸结合永久船闸布置的导流明渠, 但受石梁河行洪影响, 整体经济指标较差。

(3) 两方案枢纽布置格局基本相同, 施工期“不断航”方案相对于临时断航方案, 枢纽左右岸都需进行大规模的开挖。临时断航方案除右岸船闸开挖量较大外, 其余工程开挖量相对较低。

(4) 由于施工工期、首台机组投产时

间和机组全部投产时间均不同, 施工期临时断航方案比“不断航”方案机组全部投产以前多发电 $48.35\text{亿kW}\cdot\text{h}$ 。

(5) 白马航电枢纽船闸采用导流明渠结合右岸永久船闸布置的形式。

[参考文献]

[1] 刘臣, 闫建英, 李君涛, 等. 湘江土谷塘航电枢纽车江坝址通航水流条件分析[J]. 水道港口, 2011, 32(006): 418-422.

[2] 刘大川. 嘉陵江利泽航运枢纽船闸总体布置研究[J]. 四川水利发电, 2019, 38(4): 137-139.

[3] 贺晖. 汉北河新沟二线船闸模型试验报告[R]. 长沙: 长沙理工大学, 2016.

[4] 郭红亮. 汉江兴隆船闸建设主要技术问题设计研究[J]. 人民长江, 2015, 46(10): 27-30.

[5] US Army Corps of Engineers. 2001 Hydraulic Design of Navigation Locks[S].

作者简介:

陈思源(1992--), 男, 汉族, 重庆市人, 硕士研究生, 助理工程师, 道路与桥梁、水利水电研究。