



大藤峡枢纽运行方式调整 对来桂航道方案的影响

江 涛

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 针对大藤峡水利枢纽因在项目建议书和工可阶段运行方式发生变化而导致枢纽上游航道需整治滩险数量大幅增加的问题, 对 2 种运行方式下的最低通航水位和一期蓄水前后施工水位进行对比分析, 得出最低通航水位和开挖引起的下降值对航道设计方案及投资的影响, 以及大藤峡一期蓄水前后施工水位成果。结论为库区航道整治方案受枢纽调度运行方式影响大, 在设计时应重点分析调度运行方式对设计水位和设计方案的影响, 结合枢纽蓄水计划, 在蓄水前适当开展水上炸礁作业以控制投资。

关键词: 来桂航道; 航道整治; 运行方式; 影响分析; 最低通航水位

中图分类号: U 641

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)04-0133-05

Influence of operation mode adjustment of Datengxia hydro-junction on scheme of Laibin-Guiping channel

JIANG Tao

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: In view of the substantial increase of beach risks needing regulation in the upstream channel of the Datengxia hydro-junction due to the change of the operation mode of the hydro-junction in the project proposal and feasibility study stage, we analyze comparatively the lowest navigable stage under the two operation modes and the construction water level before and after the first-stage impoundment, and obtain the lowest navigable stage and the decline caused by excavation, the influence on the channel design scheme and investment, and the construction water level results before and after the first impoundment of Datengxia. The conclusion is that the channel regulation scheme in the reservoir area is greatly affected by the operation mode of the hydro-junction. In the design, the influence of dispatching operation mode on the design water level and design scheme should be analyzed emphatically. Combined with the water storage plan of the hydro-junction, the land reef blasting operation should be reasonably arranged before the water storage to control the investment.

Keywords: Laibin-Guiping channel; channel regulation; operation mode; impact analysis; lowest navigable stage

大藤峡枢纽位于珠江流域西江干流的黔江, 下距广西桂平市区约 6 km, 是红水河水电基地规划梯级电站的最末一级, 是一座以防洪、航运为主, 发电与水资源配置并重, 兼顾灌溉的综合利用工程, 目前正在建设中。大藤峡枢纽项目建议

书于 2011 年 2 月获得批复, 工可于 2014 年 10 月获得批复。

来宾—桂平 2 000 吨级航道工程(简称“来桂航道”)起点位于来宾港兴宾港区宾港作业区, 终点位于桂平两江汇流口段。航道长度为 193.876 km, 其

收稿日期: 2021-07-07

作者简介: 江涛(1983—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事水运工程、岩土工程设计工作。

中宾港作业区至石龙三江口属于红水河段、石龙三江口至桂平两江汇流口属黔江河段，航道按 2 000 吨级航道设计，大藤峡枢纽上游设计航道尺度为 3.5 m×80 m×550 m(水深×宽度×转弯半径)，开挖水深为 3.8 m。来桂航道及大藤峡枢纽位置见图 1。

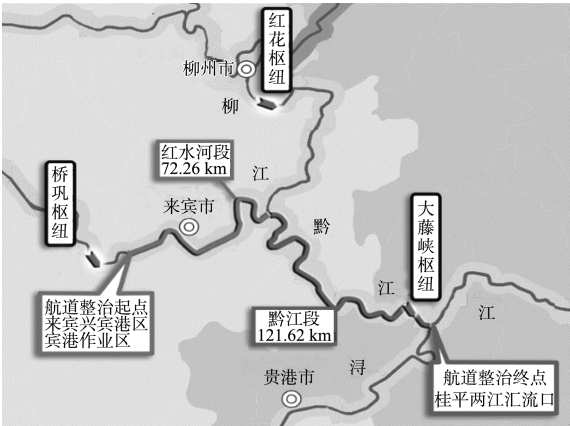


图 1 来桂航道及大藤峡枢纽位置

由于大藤峡枢纽工程可行性研究阶段调度运行方式相对项目建议书批复做了调整，将对其上游的来桂航道设计方案造成影响。文献[1-3]从枢纽日调节、电站建成、梯级水库调度等方面分析枢纽运行对航道通航的影响，但鲜有关于枢纽设计过程中调度运行方式变化影响航道设计方案的文献。笔者从大藤峡枢纽调度运行方式的调整情况分析来桂航道设计最低通航水位(简称“设计水位”)和开挖引起的航道水位下降值的变化，论述其对航道整治方案、工程量及投资的影响，根据大藤峡枢纽蓄水计划、施工水位论述分期实施的必要性和经济性。

1 大藤峡枢纽运行方式调整对设计水位的影响

1.1 运行方式调整概况

大藤峡枢纽项目建议书和工可阶段的枢纽运行方式发生了重大变化：项目建议书批复^[4]的调度运行方式由主汛期、次汛期和枯水期组成；工可批复^[5]的运行方式从库区淹没等角度考虑将枯水期分为非汛期(10月至次年3月)和非汛期(4月)2个时段，将8月从次汛期纳入主汛期，且

主汛期调度水位大幅降低，非汛期流量对应的水位也明显降低(表 1)。对航道设计水位的影响主要在主汛期 6—8 月，其入库流量低于 2 万 m³/s 时，项目建议书阶段大藤峡水利枢纽坝前水位为 49.6~59.6 m，而工可阶段坝前水位则持续维持在 47.6 m，入库流量大于 2 万 m³/s，大藤峡枢纽坝前水位可调至 44 m。

表 1 大藤峡枢纽调度运行方式

调度运行方式		流量/(m ³ ·s ⁻¹)	水位/m
项目建议书阶段	主汛期 (6—7月)	$Q \leq 5\,000$	57.6
		$5\,000 < Q \leq 8\,050$	55.6
		$8\,050 < Q \leq 14\,100$	53.6
		$14\,100 < Q \leq 17\,400$	51.6
		$17\,400 < Q \leq 20\,600$	49.6
	次汛期 (5月,8月—9月15日)	$Q > 20\,600$	47.6
		$Q \leq 4\,000$	59.6
		$4\,000 < Q \leq 6\,510$	57.6
		$6\,510 < Q \leq 10\,200$	55.6
		$10\,200 < Q \leq 17\,400$	53.6
工可阶段	枯水期 (9月16日—翌年4月30日)	$17\,400 < Q \leq 20\,600$	51.6
		$20\,600 < Q \leq 25\,000$	49.6
		$Q > 25\,000$	47.6
		$Q \leq 5\,000$	61.0
		$5\,000 < Q \leq 8\,050$	59.6
	汛期 (6—8月)	$8\,050 < Q \leq 11\,800$	57.6
		$11\,800 < Q \leq 17\,400$	55.6
		$Q > 17\,400$	54.6
		$Q \leq 20\,000$	47.6
		$Q > 20\,000$	44.0
工可阶段	汛期 (5月,9月)	$Q \leq 5\,000$	59.6
		$5\,000 < Q \leq 14\,000$	53.6
		$14\,000 \leq Q \leq 20\,000$	47.6
		$Q > 20\,000$	44.0
	非汛期 (10月—翌年3月)	$Q \leq 4\,500$	61.0
		$4\,500 < Q \leq 6\,000$	59.6
		$6\,000 < Q \leq 8\,000$	57.6
		$8\,000 \leq Q \leq 11\,000$	54.6
		$Q > 11\,000$	47.6
工可阶段	非汛期 (4月)	$Q \leq 6\,000$	59.6
		$6\,000 < Q \leq 8\,000$	57.6
		$Q > 8\,000$	54.6

1.2 运行方式调整对设计水位的影响

根据收集到的迁江水文站、武宣水文站 1990—2014 年逐日实测流量资料复核本次 14 种工况采用的入库最小流量和迁江最小流量关系，确

定 4 种工可运行方式工况为航道设计水位计算的控制工况(表 2)。根据文献[6]的计算方法可计算项目建议书和工可阶段大藤峡枢纽上游的航道设计水位。按工可运行方式计算可以得出近坝段(从大藤峡坝址至距大藤峡坝址 22 km)的设计水位受大流量行洪的工况 4 控制,近坝段上游的红水河和黔江均受汛期小流量的工况 3 控制。建坝前及大藤峡枢纽运行方式调整前后设计水位对比见图 2。

表 2 工可阶段大藤峡上游航段设计水位计算控制工况			
设计工况	大藤峡坝前水位/m	红水河段流量/(m ³ ·s ⁻¹)	黔江段流量/(m ³ ·s ⁻¹)
工况 1(非汛期 4 月)	59.6	400	767
工况 2(非汛期 10 月—翌年 3 月)	61.0	400	643
工况 3(汛期 6—8 月)	47.6	889	1 800
工况 4(汛期 6—8 月)	44.0	-	20 000

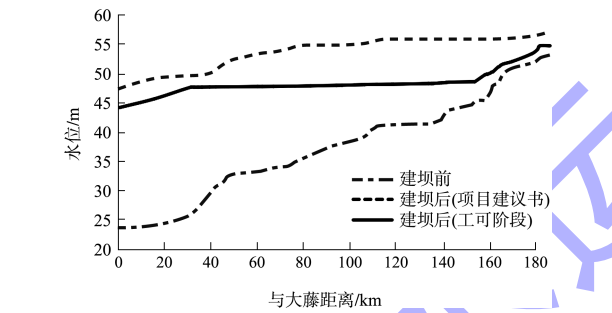


图 2 大藤峡枢纽上游设计水位对比

从图 2 可以看出大藤峡建坝前和工可运行方式下的设计水位随着与大藤峡枢纽距离的增加,水位差呈减小的趋势,至距大藤峡约 170 m 的上游航道位置,水位差已接近 1 m。大藤峡运行方式的变化导致大藤峡枢纽上游的设计水位在-7.72~-1.95 m 之间变化,因工况流量差异,越往上游差异越小。其中-7.72 m 出现在黔江和红水河、柳江交汇的石龙三江口(距大藤峡约 120 km);-1.95 m 出现在浪滩(距大藤峡 31.4 km)。

1.3 运行方式调整对开挖引起的水位下降值的影响

航道整治开挖后,由于河床降低、过水断面扩大,同流量下的水面线随之下降^[7]。整治后的糙率采用实测水面拟合糙率结合相关河道糙率参考值范围综合考虑确定。由于黔江大藤峡上游段仅存在零星礁石碍航,故仅计算红水河段水位下

降值,工可运行方式下最大下降值为 0.846 m,项目建议书运行方式下最大下降值为 0.013 m,均位于航道上游起点附近,符合航道挖槽水面下降的规律(图 3)。

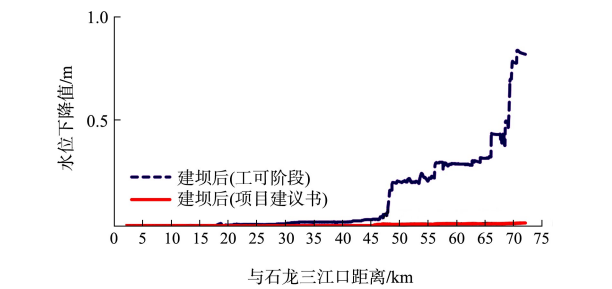


图 3 大藤峡枢纽上游开挖引起水位下降值对比

2 设计水位变化对航道设计方案的影响

设计水位大幅降低导致航道需整治的滩险由 11 个增加至 26 个,增加的 15 个滩险全部位于红水河段;原需整治的滩险也因航道整治底高程降低而大幅增加了整治工程量(表 3)。增加航道疏浚和炸礁工程投资约 6.58 亿元。以蓬莱滩为例,其断面开挖对比见图 4。从图 4 可知,设计水位降低导致工程量大幅增加。

表 3 大藤峡枢纽上游工程量对比			万 m ³
滩险名称	原工程量	调整工程量	差值
丫罗坪	0.23	6.57	6.34
牛眼泡	1.60	12.78	11.18
吊狗筴	0.81	8.65	7.84
磨东流角	1.25	20.75	19.50
崩步角	0.98	12.02	11.04
高书洲	0	4.25	4.25
马滩	2.77	27.86	25.09
磁滩	0	0.79	0.79
赌命滩	0	7.25	7.25
蓬莱滩	4.65	41.00	36.35
古筴滩	0	19.54	19.54
葫芦峡	0	2.07	2.07
菊芦洲	0	1.78	1.78
大步滩	0	4.33	4.33
秤钩滩	0	2.00	2.00
木梨惊滩	0	6.23	6.23
大湾	0	4.86	4.86
木棉湾	0	0.53	0.53
石牛栏	0	3.02	3.02
鲤鱼石	0	0.09	0.09
下三门滩	0	0.09	0.09
古排滩	0	1.57	1.57
零星礁石	2.25	7.63	5.38
合计	14.55	195.68	181.14

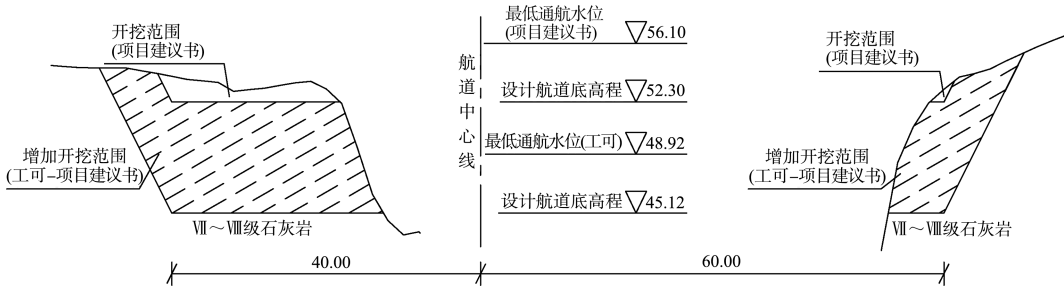


图 4 典型断面开挖对比 (单位: m)

3 大藤峡一期蓄水前后施工水位

根据大藤峡一期蓄水安排^[8]，一期蓄水的最高水位为 52 m。来桂航道设计时根据大藤峡运行方式、枢纽蓄水计划、枢纽上游的航道开挖工程量及施工难易程度、施工工期要求等，对一期蓄水前开展陆上炸石施工和全部在一期蓄水之后开展疏浚和炸礁施工方案进行比选。

3.1 施工水位计算

3.1.1 大藤峡一期蓄水前施工水位

根据红水河和黔江上游来水特性，施工时间放在非汛期的每年 10 月至翌年 4 月，历时约 7 个月。统计分析桥巩电站 2010—2017 年逐日平均流量资料，得出电站下泄流量 1 600~1 750 m³/s 时全年施工时间能满足 6~7 个月的要求，结合水文测验流量时 1 650 m³/s 的水面线确定沿线的施工水位。

3.1.2 大藤峡一期蓄水后施工水位

计算大藤峡蓄水至 52 m 不同流量保证率下的施工水位，经分析计算采用 50% 流量保证率下的施工水位。此时回水至来宾高铁桥附近(马滩和高书洲 2 个滩险分界位置,距石龙三江口 59.2 km)其施工水位和大藤峡一期蓄水前施工水位接近，来宾铁路大桥上游施工水位取一期蓄水前的施工水位。

由于大藤峡枢纽上游的黔江段水深条件良好，仅局部零星礁石碍航，故仅对比石龙三江口以上红水河段的一期蓄水前后施工水位，最大水位差位于石龙三江口达 9.1 m(图 5)。

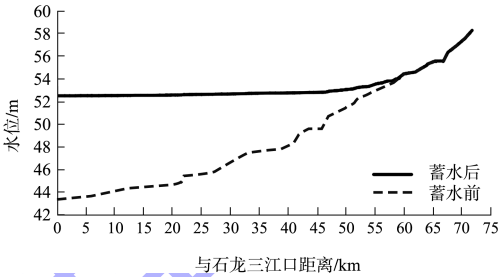


图 5 大藤峡一期蓄水前后施工水位对比

3.2 施工水位的影响

因距大藤峡一期蓄水节点的施工工期仅半年左右，考虑陆上炸石施工工程量及工效，将古笪滩—古排滩共计 12 个滩险及黔江库区零星礁石纳入一期陆上炸石。对部分按施工水位确定的滩险陆上炸石底高程与水下炸礁底高程差值不大于 0.5 m 的滩险，为方便施工、避免二次进场，考虑将其在一期陆上炸石全部清除。为方便陆上水下开挖工作交接的界面区分，避免陆上和水上施工单位之间因工程量而推诿，对于在一期蓄水后尚需实施水下炸礁和疏浚的滩险，陆上炸石不考虑超深和超宽；对一期陆上炸石即达到航道底高程的滩险，考虑 0.2 m 超深，不考虑超宽。葫芦峡分两期实施的断面见图 6，若纳入二期则 47.86~52.86 m 填充区域将由陆上炸石变为水下炸礁的范围。统计得出 12 个滩险的一期陆上炸石工程量 31.3 万 m³，工程费用 3 206.97 万元；剩余水下炸礁工程量 22.5 万 m³，工程费用 6 986.25 万元。若在大藤峡一期蓄水之前不实施陆上炸石，其大部分工程量将转换为水下炸礁，则工程费用将达到 1.67 亿元，增加 6 511.68 万元。因此从减少

水下炸礁工程量、节约投资、减少施工难度等角度考虑，在大藤峡一期蓄水之前开展陆上炸石是经济且必要的。

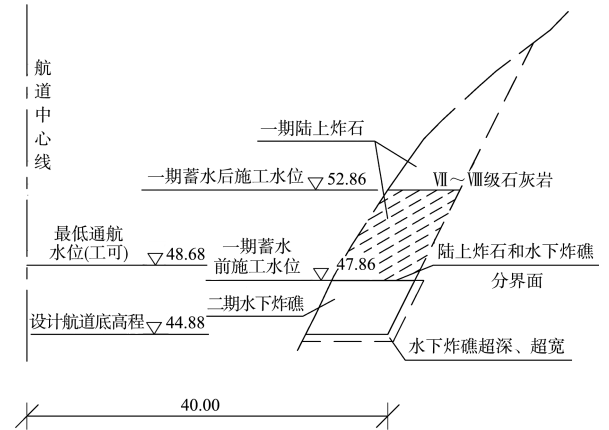


图 6 分 2 期实施的开挖断面 (单位: m)

4 结语

- 1)根据大藤峡枢纽项目建议书和工可运行方式，选定对应的水位计算控制工况分别计算枢纽上游航道设计水位及开挖引起的下降值，通过对比确定需增加 12 个整治滩险，并结合航道整治方案开展了运行方式调整前后的工程量和工程投资对比，结果显示需增加整治方量 181.18 万 m³、相应增加工程投资 6.58 亿元。
- 2)依据大藤峡枢纽蓄水计划，结合桥巩电站逐日平均流量、水文测验流量确定蓄水前施工水位，采用 50%流量保证率确定了枢纽一期蓄水后航道施工水位，开展施工水位对比，并考虑陆上炸石工程量、可施工时间、施工工效等因素，论

述开展一期陆上炸石的必要性和经济合理性。

3)库区航道整治方案受枢纽调度运行方式影响巨大，在类似航道设计与枢纽设计同步开展的项目中，应重点分析调度运行方式对设计水位和设计方案的影响，并结合枢纽蓄水计划，在蓄水前适当开展陆上整治作业以控制投资。

参考文献：

[1] 张毅,刘勇,张帅帅. 向家坝日调节运行对长江叙渝段航道维护影响研究[J]. 水运工程, 2017(1): 108-114.

[2] 李秋圆. 向家坝电站运行对长江泸州河段通航条件的影响研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2016.

[3] 李盛青,刘道明,丁晓文. 金沙江下游梯级水库调度对其航道的影晌研究[J]. 人民长江, 2014, 45(12): 62-64.

[4] 国家发展和改革委员会.关于广西大藤峡水利枢纽工程项目建议书的批复[R]. 北京: 国家发展和改革委员会, 2011.

[5] 国家发展和改革委员会. 关于广西大藤峡水利枢纽工程可行性研究报告的批复[R]. 北京: 国家发展和改革委员会, 2014.

[6] 江涛. 来宾至桂平 2 000 t 级航道工程通航水位计算与分析[J]. 中国水运(下半月), 2016, 16(9): 260-262.

[7] 长江航道局. 航道工程手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004: 1069-1070.

[8] 中水东北勘测设计研究有限责任公司, 中水珠江规划勘测设计有限公司, 大藤峡水利枢纽工程初步设计报告(核定稿)[R]. 长春: 中水东北勘测设计研究有限责任公司, 2015.

(本文编辑 郭雪珍)

(上接第 121 页)

[10] 彭伟,冯小香,普晓刚.船闸下游引航道口门区急流碍航改善措施比选[J].中国港湾建设, 2017, 37(10): 47-52.

[11] 王斐,彭伟,王义安.沙溪口水电站船闸下引航道口门区通航水流条件研究[J].水运工程, 2017(10): 186-191, 196.

[12] 朱卫国,何贞俊.大藤峡水利枢纽船闸上引航道口门区水流条件模型试验[J].水运工程, 2017(9): 137-143.

[13] 杨宇,余之光,韩昌海,等.分散式布置枢纽引航道口门区水流条件优化措施[J].水运工程, 2016(12): 95-100, 112.

[14] 王建平,杨聿,张金明,等.大藤峡水利枢纽船闸下游引航道口门区方案优化研究[J].人民珠江, 2016, 37(4): 59-64.

[15] 刘晓平,徐大彬,李祥,等.大源渡下游口门区通航水流条件改善措施试验[J].长沙理工大学学报(自然科学版), 2016, 13(1): 56-61.

(本文编辑 武亚庆)