

· 勘察施工 ·



犍为航电枢纽船闸施工期 闸墙挡水度汛工程实践

陈和东, 曾 超, 韦海超

(四川岷江港航电开发有限责任公司, 四川 乐山 614401)

摘要: 岷江犍为航电枢纽工程采用三期六段的施工导流方案, 确保施工期不断航。针对三期工程工期紧、存在安全度汛风险的问题, 在二期围堰导流施工期间, 提出利用船闸左侧闸墙挡水度汛, 在干地条件下提前拆除部分二期二段纵向围堰。结果表明, 在山区河流大型船闸工程建设过程中采用闸墙挡水度汛的工程措施, 能够减少水下拆堰工程量、提高纵向围堰拆除质量、缩短围堰拆除工期, 具有显著的经济和社会效益。

关键词: 犍为航电枢纽; 施工导流; 围堰; 船闸

中图分类号: U 641.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)12-0069-04

Flood control engineering practice of ship lock wall during construction in Qianwei navigation-power junction

CHEN He-dong, ZENG Chao, WEI Hai-chao

(Sichuan Minjiang Port Navigation Power Development Co., Ltd., Leshan 614401, China)

Abstract: The Minjiang Qianwei navigation-power junction adopts the construction diversion scheme of three phases and six sections to ensure continuous navigation during the construction period. In view of the problems of tight schedule and safe flood control risk in the third phase of the project, we propose to use the left lock wall to block the water and control the flood control during the diversion construction of the second phase cofferdam, and to demolish part of the second phase longitudinal cofferdam in advance under dry land condition. The results show that in the construction process of large ship lock in mountainous rivers, the use of the gate wall to hold back water and control the flood season can reduce the amount of underwater weir removal, improve the quality of longitudinal cofferdam removal, shorten the demolition period of the cofferdam, which has the significant economic and social benefits.

Keywords: Qianwei navigation-power junction; construction diversion; cofferdam; ship lock

1 工程概况

岷江港航电综合开发任务是以航运为主、结合发电, 兼顾供水、灌溉, 实现水资源综合利用, 并促进地方经济社会发展。项目按Ⅲ级航道规划, 包括渠化岷江(乐山—龙溪口)81 km 航道的老木孔、东风岩、犍为、龙溪口四级航电枢纽, 实施岷江(龙溪口—宜宾合江门)81 km 航道整治工程,

建设乐山港老江坝作业区一期工程。

岷江犍为航电枢纽工程位于岷江下游乐山市犍为县境内, 坝址位于犍为岷江大桥上游约 1.45 km 处, 距上游大渡河与岷江汇合河口约 50 km, 上距规划的东风岩梯级约 20.2 km, 下距规划的龙溪口梯级约 31.1 km。该枢纽工程等级为二等, 工程规模为Ⅱ型, 主要永久建筑物级别为 2 级, 次要

收稿日期: 2021-05-28

作者简介: 陈和东(1977—), 男, 高级工程师, 从事航电枢纽工程建设管理。

永久建筑物级别为 3 级。枢纽设计正常蓄水位为 335.0 m，总库容为 2.28 亿 m³，厂房总装机容量为 500 MW。枢纽建筑物采取“一字”布置，从左至右依次为：左岸重力坝段、发电厂房坝段、28 孔泄洪（冲砂）闸坝段、船闸及右岸重力坝段，坝轴线总长约 1.1 km。

通航建筑物位于右河槽靠岸处。采用单级船闸，设计等级为 III 级，主要由上下闸首、闸室、上下引航道等构成。III 级船闸设计尺度为 220 m×34 m×4.5 m（长度×宽度×门槛水深），可通行 1 000~3 000 吨级船舶，其规模为西南地区最大^[1]。工程建设工期紧、施工强度高、水流控制复杂、不断航施工保证难度大。

2 船闸工程施工导流方案

岷江作为四川重大装备出川唯一水上通道，犍为航电枢纽施工必须采取不断航方式。为实现施工期不断航的目标，初步设计阶段枢纽工程采用三期六段的施工导流方案。建设总工期为 65 个月。

按照枢纽工程施工规划及总进度计划，船闸施工期间通过临时航道通航^[2]。在二期一段围堰围护下，2017-11-01—2018-05-31 施工完成船闸上下游引航道工程、船闸基础开挖、基础处理及底板混凝土浇筑；在二期二段全年围堰围护下，2018-06-01—2019-10-31 继续施工船闸上、下闸首和闸室段。船闸工程施工完成后拆除二期二段围堰，进行三期截流并开始枢纽三期工程施工。

2.1 实施阶段二期二段围堰设计方案

根据《水利水电工程施工组织设计规范》^[3] 规定，二期二段围堰建筑物级别为 4 级，设计挡水标准为 10 a 一遇洪水，设计挡水时段为全年，相应流量为 3.02 万 m³/s。围堰平面布置由 4 个直线段和 3 个圆弧段组成，堰体为土石结构，采用复合土工膜心墙防渗，堰顶宽 8 m，设置一级马道，马道宽 2 m，迎水面边坡坡比 1:1.75，背水面边坡坡比 1:1.5。上游横向围堰长约 78.7 m，最大堰高

21.2 m，堰顶高程 333.2 m，设计挡水位高程为 331.66 m；下游横向围堰长约 236.8 m，堰顶高程 332.30 m，设计挡水位高程为 330.76 m；纵向围堰长约 673.6 m，堰高 16.2~21.2 m，堰顶高程 333.2~332.3 m，设计挡水位高程为 331.66~330.76 m。二期二段围堰平面布置见图 1。围堰填筑料合计约 75.7 万 m³。

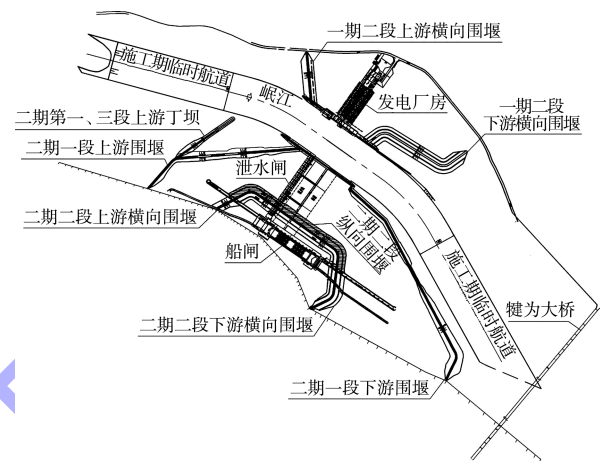


图 1 二期二段围堰平面布置

上游横向围堰占压部分上游引航道，下游横向围堰占压部分下游引航道，纵向围堰因占压右岸侧部分泄水闸、消力池和海漫。占压段围堰必须待永久水工建筑物形成后填筑。

2.2 实施阶段二期二段围堰施工方案

1) 填筑方案。二期二段围堰在二期一段围堰的保护下进行干地施工，在 2018 年汛期来临前完成填筑、闭气。不占压永久水工建筑物区段提前填筑，围堰填筑料主要来源于规划的天然料场和上下引航道开挖料，利用右岸施工主干道和临时道路，经二期一段围堰堰顶，通过下基坑的临时道路运输至围堰填筑位置，施工期为 2018-01-15—2018-05-31。

2) 拆除方案。投标阶段二期二段围堰拆除方案为船闸主体施工完毕后，安全水位以上采用水上机械开挖，安全水位以下采用水下船挖的方式予以拆除。围堰拆除时，应先由挖机在下游横向段开挖缺口将下游水引入围堰内，待围堰内外水

位基本保持平衡后进行拆除。

3 施工期闸墙挡水方案

3.1 施工期闸墙挡水方案的提出

1)按照初步设计施工组织方案, 船闸工程始终在全年土石围堰的保护下安全施工, 围堰计划拆除时间为 2019-09-01—2019-11-30。2)二期二段围堰拆除后永久船闸具备通航条件, 相继实施三期截流。犍为枢纽三期工程施工进度极为紧张, 工程形象进度事关 2020 年安全度汛, 必须适时尽早截流、开工。3)原进度计划二期二段围堰下部拆除方案, 客观存在进度慢、成本高、拆除质量难以保证等缺陷。综上所述, 2019 年 1 月, 提出先期浇筑完成船闸左侧闸墙、实现施工期左侧闸墙挡水度汛、提前拆除大部分纵向围堰的优化思路。

3.2 闸墙挡水方案

3.2.1 左侧闸墙挡水结构安全复核

提出闸墙挡水度汛方案后, 船闸主体设计单位对左侧闸墙汛期挡水可能工况下的结构安全进行了复核^[4]。虽为施工期挡水工况, 但由于参与挡水的建筑物均为永久建筑物, 因此闸首、闸室、进出水口均按 2 级水工建筑物复核、上下游引航道按 3 级水工建筑物复核, 建基面均置于弱风化基岩上或 C15 混凝土换填基础之上, 施工工况为基本组合②, 计算时采用的安全系数见表 1。根据地质勘查报告及现场验基资料, 弱风化砂岩允许承载力为 1 200 kPa, 弱风化泥岩允许承载力为 1 000 kPa。建筑物施工期挡水标准根据施工导流要求, 按 10 a 一遇洪水重现期标准确定, 当发生超标洪水时, 应打开上下游围堰。

表 1 安全系数

荷载组合	2、3 级水工建筑物		1、2 级水工建筑物	3~5 级水工建筑物
	抗滑稳定	抗倾稳定	抗浮稳定	抗浮稳定
基本组合①	≥1.1	≥1.5	≥1.1	≥1.05
基本组合②	≥1.0	≥1.4	≥1.1	≥1.05

船闸左侧水工建筑物各工况计算结果见表 2。可以看出, 上引航道左导墙、进水口左边墩、闸室左闸墙在围堰洪水工况下, 最小应力 σ_{\min} 均出现小于 0 kPa 的情况, 根据《船闸水工建筑物设计规范》^[5],

在施工期或检修期背水面可出现不大于 100 kPa 的拉应力, 故满足规范要求。下闸首左闸墩后段地基反力的最大应力 σ_{\max} 为 1 174.15 kPa, 超过了地基承载力 1 000 kPa, 需要采取工程措施进行处理。

表 2 船闸左侧水工建筑物各工况计算结果

复核部位	复核工况	工程措施	抗滑安全系数	抗倾安全系数	抗浮安全系数	基底应力/kPa	
						σ_{\max}	σ_{\min}
上引航道左导墙	校核洪水	两侧回填至 333.2 m	12.91	1.64	1.99	302.53	222.96
		两侧回填至 330.0 m	11.92	1.61	1.91	256.50	228.46
		两侧回填至 326.0 m	9.85	1.75	1.75	225.06	175.64
	设计洪水	两侧回填至 333.2 m	15.31	1.52	2.17	285.41	247.01
		两侧回填至 330.0 m	14.14	1.49	2.08	252.52	239.38
		两侧回填至 326.0 m	9.37	1.44	1.90	207.94	199.70
	围堰洪水	两侧回填至 333.2 m	1.98	2.00	4.86	609.98	125.87
		两侧回填至 330.0 m	1.53	1.87	4.43	627.38	25.80
		两侧回填至 326.0 m	1.20	1.73	3.99	621.20	-50.74
进水口左边墩	围堰洪水	两侧回填至 326.0 m	1.51	2.02	4.92	993.02	-25.87
		两侧回填至 323.0 m	1.16	1.98	4.78	991.17	-56.04
上闸首	围堰洪水	-	2.15	3.36	6.39	928.17	400.36
闸室外闸墙 3#~8#段	围堰洪水	闸墙后趾提升到 315.0 m	1.28	2.37	-	902.67	-19.16

续表2

复核部位	复核工况	工程措施	抗滑安全 系数	抗倾安全 系数	抗浮安全 系数	基底应力/kPa	
						σ_{\max}	σ_{\min}
闸室外闸墙 9#~14#段	围堰洪水	墙后雷诺护垫提升到 314.0 m	1.33	2.43	—	845.52	-19.53
下闸首前段	围堰洪水	外侧全年围堰合龙	1.08	1.95	3.98	899.47	9.04
	围堰洪水	外侧全年围堰合龙	1.82	3.75	13.32	1 174.15	47.25
下闸首后段	围堰洪水(无安装通道)	围堰设计顶高程 332.3 m	1.13	3.71	9.54	985.95	25.53
	警戒水位	警戒水位 326.0 m	2.49	4.94	17.03	978.62	159.11

为安全度汛，要求在 2019-05-31 必须完成左侧上引航道段、进水口段两侧土石方对称回填(汛后对称移除)、抗冲保护以及新增围堰段的防渗工作。采取一定工程措施后，挡水结构安全稳定可靠，满足规范要求。

3.2.2 实施性闸墙挡水方案

1) 拆除二期二段纵向围堰泄水闸段全部土石方，闸室外闸墙 3#~8#段闸墙后趾提升到高程 315 m，闸室外闸墙 9#~14#段墙后雷诺护垫提升到高程 314 m。

2) 上引航道段、进水口段、闸室墙、下闸首段左侧挡水结构后趾均增设锚杆，以平衡基底应力，避免墙底出现拉应力或压应力超限。锚杆长度 5 m，伸入岩基 3 m，埋入混凝土不少于 2 m，沿船闸轴线间距 3 m。锚杆也可利用未实施固结灌浆孔埋设。

3) 拆除二期二段纵向围堰上引航道段、进水口段部分土石方，并在上引航道左导墙、进水口左边墩两侧对称回填，回填顶高程 326.0~333.2 m，相关迎水面按原围堰设计要求做好护面工程。

4) 拆除二期二段纵向围堰下闸首段部分土石方，按原围堰设计结构在下闸首外边墩新增围堰形成裹头段，并做好护面及防渗。当预测水位超过 326.0 m 时，应及时拆除下闸首外侧下游安装通道，恢复原围堰设计顶高程 332.3 m。

5) 上引航道内外侧围堰拆除及墙后回填应同时升高及下降，严格控制墙内外高差不超过 0.5 m。上引航道段左导墙两侧回填及下闸首外侧新增围堰段填筑及拆除时应采用有效措施，避免因填筑造成对墙体的扰动或破坏。进水口段填筑时，须注意对输水廊道进口的保护。优化后的二

期二段围堰平面布置见图 2。

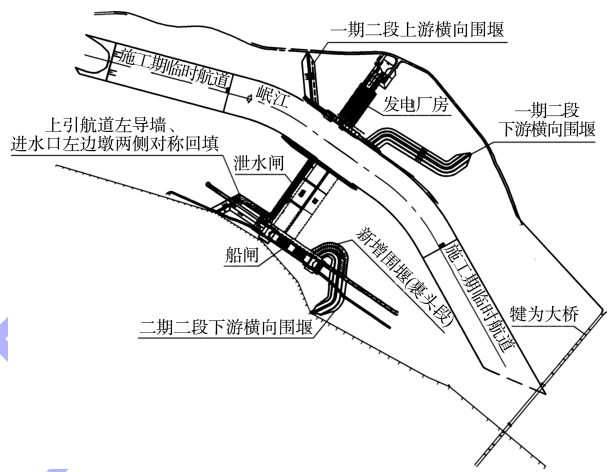


图 2 优化后的二期二段围堰平面布置

4 闸墙挡水度汛优化实施效果

1) 监测结果显示，船闸左侧水工建筑物汛期挡水运行安全可靠。

2) 从船闸施工专业角度而言，减少二期二段围堰(0+000.0—0+264.00)水下拆除工程量 10.2 万 m³，拆堰成本可节约近 700 万元，具有良好的经济效益。

3) 促进键为航电枢纽三期工程提前截流、开工，为其节省工期约 21 d，极大缓解了三期工程进度压力。从枢纽建设的角度，体现了显著的工期效益。

4) 无论从施工阶段还是长期运行阶段，方案优化后实现干地拆除围堰，确保了围堰拆除质量，有利于航电枢纽工程安全运行。

5) 在 2019-11-09 实现船闸试通航，较原方案通航时间提前 21 d，实现了键为航电枢纽建设不断航施工的承诺，社会效益显著。 (下转第 78 页)