



龙溪口航电枢纽右岸接头坝方案比选

曾和余¹, 符业晓¹, 吕科²

(1. 中交四航局第四工程有限公司, 四川 成都 610000;
2. 四川岷江港航电开发有限责任公司, 四川 乐山 614000)

摘要: 施工设计优化在船闸施工设计中的运用越来越广泛, 以龙溪口项目右岸接头坝为例, 综合考虑工程边界条件, 提出右岸接头坝3种实施方案比选。从工程质量风险、施工工期和施工成本等方面进行比选, 同时考虑右岸接头坝工期紧张、基础处理难度大等特点, 选择最佳实施方案。在实施运用中, 针对右岸接头坝建设中的重难点, 采取了一系列优化技术与措施, 保证工期的同时将成本降至预期效果。

关键词: 接头坝; 施工工艺; 方案比选

中图分类号: U64

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)10-0047-05

Scheme comparison of right bank joint dam of Longxikou Navigation-power Junction

ZENG Heyu¹, FU Yexiao¹, LYU Ke²

(1. The Fourth Engineering Company of CCCC Fourth Harbor Engineering Co., Ltd., Chengdu 610000, China;
2. Sichuan Minjiang Port & Shipping & Electricity Power Development Co., Ltd., Leshan 614000, China)

Abstract: Construction design optimization is more and more widely used in the construction design of ship locks. Taking the right bank joint dam of Longxikou project as an example, considering the engineering boundary conditions comprehensively, three kinds of implementation schemes for the right bank joint dam are proposed. The best implementation plan is selected from the aspects of project quality risk, construction period and construction cost, and the characteristics of tight construction period and difficult foundation treatment of the right bank joint dam are considered. In the implementation and application, a series of optimization techniques and measures have been taken to ensure the construction period and reduce the cost to the expected effect in view of the difficulties in the construction of the right bank joint dam.

Keywords: joint dam; construction technology; scheme comparison

随着我国经济的发展, 长江上游地区的治理和开发力度不断加大, 需加强流域水资源的统一管理, 充分利用长江流域水能资源丰富、内陆航运发达等优势^[1]。水电是优质、绿色、清洁的可再生能源, 实施流域梯级水电站集控中心管理是坚持统筹兼顾流域梯级上下游、统筹兼顾水量水

头、科学利用水能资源的根本方法, 符合建设资源节约型、环境友好型社会的要求, 是实现节能减排目标和发展低碳经济的重要途径^[2-3]。随着施工工艺、施工技术的迭代, 内河枢纽工程需同时满足航运、抗洪、灌溉、发电等功能, 通过设计施工的方案优化节约投资^[4-5]。

收稿日期: 2023-06-07

作者简介: 曾和余 (1988—), 男, 工程师, 从事道路桥梁、船闸等施工管理。

龙溪口航电枢纽工程项目为宜宾—乐山航道的第4梯级，作为继犍为航电枢纽项目后实施的同类项目，本文结合以往的施工经验，通过对施工现场施工工况和作业条件的比选得出最优方案。在满足项目功能、质量的前提下完成右岸接头坝的实施，同时缩短工期、节约项目投资。

1 工程概况

岷江龙溪口航电枢纽工程位于乐山市犍为县新民镇境内，闸址位于新民镇上游600~800 m 的岷江河段，工程建成后可渠化库区31.8 km，常年可通过1000吨级船舶，达到Ⅲ级航道标准。电站装机容量480 MW，装置9台贯流式机组，电站平均发电量20.2 kW·h。枢纽主要建筑物采用“一”

字形布置，接头坝位于枢纽右侧，长72 m，坝顶高程324.50 m^[6]。

2 接头坝结构设计

岷江龙溪口航电枢纽工程主河道位于右岸，接头坝作为龙溪口航电枢纽右岸的主要挡水及后方回填的挡墙使用，连接整个枢纽。接头坝为混凝土重力坝，基本断面为上游铅直的三角形断面，下游坡比均为1:0.75。重力坝段为C15混凝土重力坝，坝顶宽度10.00 m，最大坝高39.50 m，下游折坡点高程311.20 m，坝顶铺装层为10 cm厚C25混凝土，见图1a)。右岸接头坝段总长72.00 m，由3段长24.00 m重力坝组成，基底高程282.00 m，坝顶高程324.50 m，见图1b)。

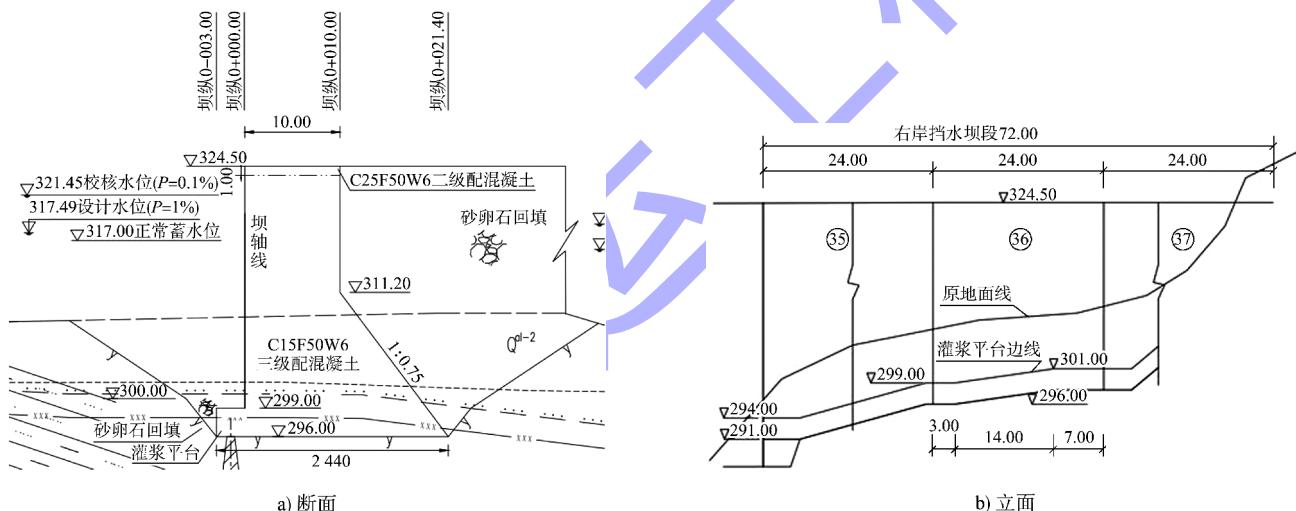


图1 接头坝结构 (单位: m)

3 接头坝施工方案比选

3.1 方案设计

右岸接头坝实施阶段与船闸基坑开挖不同步，船闸基坑先施工，导致右岸接头坝开挖工程无法与船闸开挖有效衔接。右岸接头坝基础开挖采取台阶式，总长72 m，共分3段，左侧接船闸基础，右侧与1#进场公路衔接。项目工期紧，且船闸上游二期二汛围堰已拆除，上下游水位差达16.5 m。

经综合评估，同时考虑方案适用性、工程质量风险、施工工期和成本等方面，对3种实施方案进行比选。

由于右岸接头坝与1#进场公路连接，施工过程中会出现对外交通不畅(工程材料、物资运输及机械设备通行)，需综合考虑方案适用性，以保证基础开挖的抽排水及边坡稳定性。3种方案施工过程见图2。

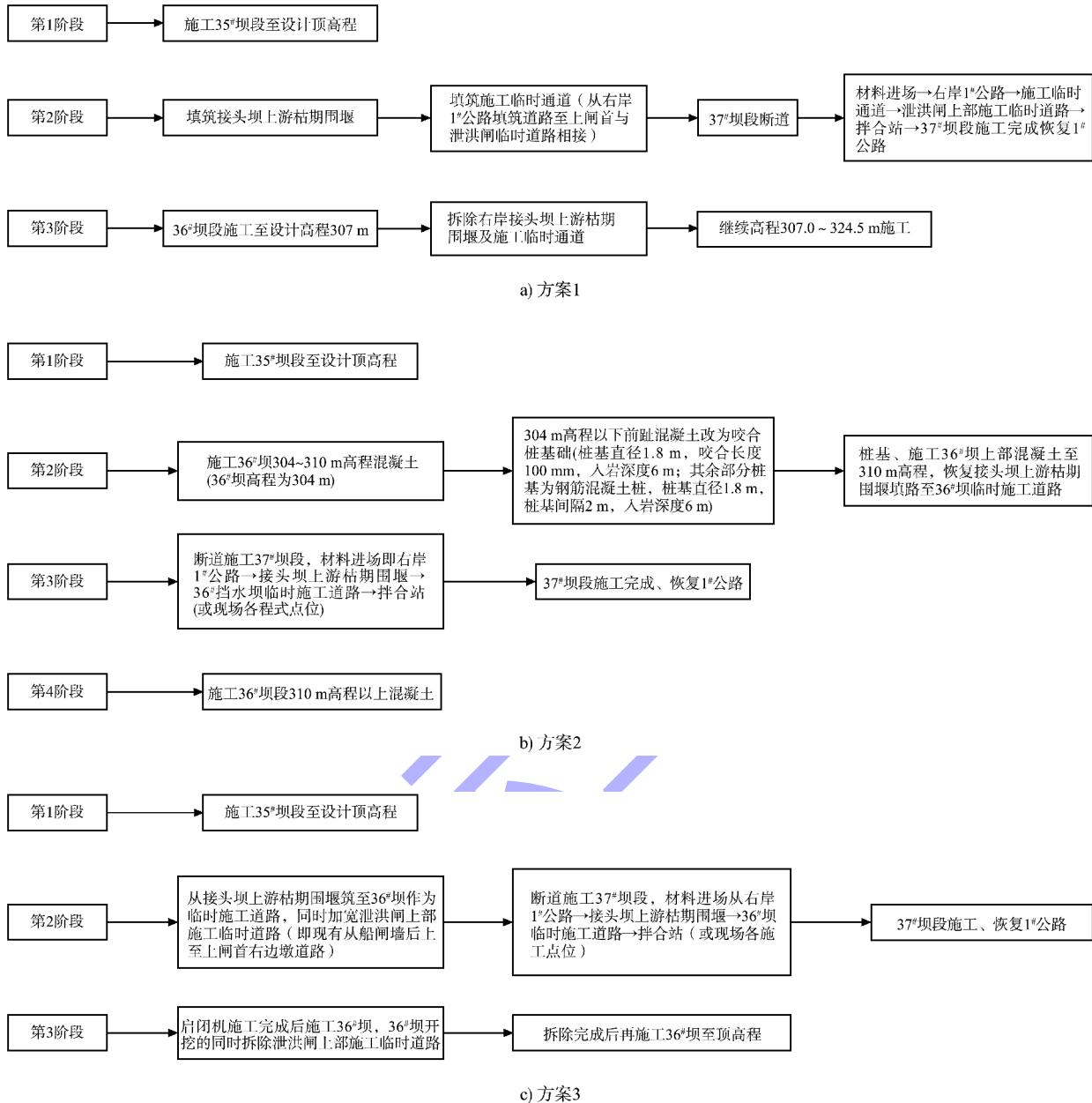


图 2 接头坝施工设计方案

3.2 方案适用性

1) 方案 1 施工便捷, 工期短, 可直接利用围堰拆除料进行道路回填, 施工阶段不影响材料运输及通行, 且可利用二期二汛作为防渗体, 只考虑 36#坝段基坑开挖过程的阶段性抽排水。缺点: 实施的道路填筑高程达 8.5 m, 道路填筑成形后坡度陡, 用时较短, 且主要通行大型车辆, 安全风险大, 上闸首右边墩及右侧进水口的回填土方清理难度大, 影响船闸外观质量验收。

2) 方案 2 施工工期长, 施工阶段可不考虑

抽排水, 在施工通道(1#公路)不拆除的情况下保证道路通行, 且桩基施工既可防渗, 又可作为挡墙, 防止开挖过程中基坑边坡坍塌。缺点: 桩基施工周期较长, 且受进场道路制约, 桩基设备进场需扩宽道路或直接以船运方式进场, 成本大。

3) 方案 3 施工便捷, 工期长, 可在不破坏原有道路的基础上填筑 36#临时道路, 且施工阶段可利用二期二汛作为防渗体, 只考虑 36#坝段基坑开挖过程的阶段性抽排水。缺点: 36#坝实施过程中

需暂停 11 孔泄洪闸施工，增加临时道路填筑的同时须增加跨闸首墙后回填的道路扩宽、回填，拆除成本大。

由于右岸接头坝工期紧，加上沐川河的临时钢栈桥无法满足桩基设备进场，本工程重点考虑方案 1、3。

3.3 施工重难点及质量风险

1) 方案 1 连接上闸首道路填筑高程达 8.5 m，坡度较陡，且汛期雨水较为丰沛，道路主要为大型机械设备通行，安全风险大；填筑上闸首临时道路将严重污染混凝土外观，后期清理难度大。

2) 方案 3 实施阶段工期长；实施 36# 坝过程中需暂停 11# 孔泄洪闸施工，导致泄洪闸工期滞后，影响验收。

通过分析比较，方案 1 面临外观质量难以清

理的质量风险，影响船闸外观质量验收；方案 3 工期较长，且影响 11 孔泄洪闸施工工期，两者各有利弊。

3.4 施工工期

右岸接头坝施工内容主要包括阶段性抽排水、基坑开挖、基础封基、修建临时道路、拆除及右岸接头坝混凝土浇筑等。

根据总体计划和时间节点的要求，接头坝不考虑抽水时间，施工工期为 2.5 个月。如未衔接好，将极大影响 11 孔泄洪闸工程总体工期。表 1 为两种方案的施工工期对比。通过对分析，方案 1 施工工期为 120.5 d，方案 3 施工工期为 101.5 d，两者相差 19 d，方案 3 优于方案 1。但方案 3 施工阶段需暂停 11 孔泄洪闸施工，导致泄洪闸工期滞后 1 个月。

表 1 两种方案施工工期对比

方案 1						方案 3											
临时道路	临时道路	跨闸首道路	抽水	35# (高程 307.0~307.0 m)	36# (高程 284.0~324.5 m)	36# (高程 307.0~324.5 m)	1#公路恢复	跨闸首道路加宽	跨闸首道路拆除	抽水	35# (高程 307.0~324.5 m)	36# (高程 307.0~324.5 m)	37# (高程 307.0~324.5 m)	1#公路恢复	总工期		
10	3.5	5	15	27	12	21	21	6	120.5	4	4.5	15	27	24	21	6	101.5

3.5 施工成本

表 2 为两种方案的施工成本对比。从经济性考虑，方案 3 的实施成本优于方案 1。从质量风

险、施工工期和施工成本等方面对比分析 3 个方案，结合岷江龙溪口航电枢纽的施工条件，最终采用方案 3 作为右岸接头坝实施方案。

表 2 两种方案施工成本对比

方案编号	工程内容	工程量	单价	总价/万元	备注
1	临时道路填筑	7.8 万 m ³	25.2 元/m ³	196.56	料源：五一坝，从五一坝到上闸首，采用砂卵石填筑道路
	临时道路拆除	7.8 万 m ³	13.7 元/m ³	106.86	从上闸首拆除至弃渣场
	跨闸首道路拆除	5.0 万 m ³	13.7 元/m ³	68.50	从上闸首拆除至弃渣场
	抽水	15 d	9 000 元/d	13.50	5 台 75 kW 水泵，1 800 元/(台·d)
合计				385.42	
3	跨闸首道路加宽	4.0 万 m ³	25.2 元/m ³	100.80	料源：五一坝，从五一坝到上闸首，采用砂卵石填筑道路
	跨闸首道路拆除	9.0 万 m ³	13.7 元/m ³	123.30	从上闸首拆除至弃渣场
	抽水	15 d	9 000 元/d	13.50	5 台 75 kW 水泵，1 800 元/(台·d)
合计				237.60	

4 施工过程的方案优化

右岸接头坝施工过程中进行了优化：1) 提前准备 36# 坝段和 11 孔泄洪闸所需的钢筋、水泥、砂石骨料、脚手架及模板等材料。2) 原方案 3 需

将 37# 施工至设计高程后，方可进行 36# 坝段高程 307.0~324.5 m 以上结构物施工，但考虑到 11 孔泄洪闸 349.5 m 高程以上的排架柱及面板施工缓慢，主要以脚手架搭设、钢筋绑扎及底板木模板

铺设为主。为充分利用施工间隙和材料充足的施工条件, 利用跳仓施工方式, 将 36# 坝段和 11 孔泄洪闸的施工同时进行, 互不干扰。

5 结语

- 1) 方案比选从工艺适用性、工程质量风险、施工工期和成本方面进行了综合考虑, 结合施工条件选出了最优方案, 可为类似项目的方案比选和设计优化提供参考。
- 2) 方案比选需考虑交叉作业、施工环境等影响, 为方案实施提供必要条件。
- 3) 方案在优化并实施后减少项目成本约 147 万元, 体现了方案优化比选的价值和目的。

(上接第 32 页)

参考文献:

- [1] 刘晓平, 陶桂兰. 渠化工程 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2009.
- [2] 周华兴. 船闸通航水力学研究 [M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2007.
- [3] 周权. 白石窑双线船闸共用下引航道通航水流条件研究 [D]. 重庆: 重庆交通大学, 2022.
- [4] 郑红杰. 上游引航道透空隔流堤布置与通航水流条件优化 [J]. 水运工程, 2022(12): 146-151.

(上接第 36 页)

参考文献:

- [1] 林继镛. 水工建筑物 [M]. 6 版. 北京: 中国水利水电出版社, 2019.
- [2] 郭天亮. 水闸上下游翼墙设计中应当注意的几个问题 [J]. 广东科技, 2009(12): 238.
- [3] 周明, 丁希斌, 张瑞芳. 浅谈水闸上下游翼墙设计 [J]. 山东水利, 2011(3): 24-25.
- [4] 卡米力江 亚森. 由工程实例浅谈水利工程翼墙设计的合理性 [J]. 中国水运(下半月), 2014, 14(6): 202-203.
- [5] 中交水运规划设计院. 船闸水工建筑物设计规范: JTJ 307—2001 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2001.

参考文献:

- [1] 文伏波. 进一步搞好长江流域治理开发 [J]. 科技进步与对策, 2001, 18(3): 44-45.
- [2] 张勇传. 水电站经济运行 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 1998.
- [3] 马光文, 刘金焕, 李菊根. 流域梯级水电站群联合优化调度 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
- [4] 尹崇清, 张湛. 龙溪口航电枢纽工程施工导流与通航水工模型试验研究 [R]. 重庆: 重庆西南水运工程科学研究所, 2011.
- [5] 盛律钧, 洪林. 中国农村水电开发模式与政策探讨 [J]. 中国水能及电气化, 2006(2): 17-22, 25.
- [6] 肖中华. 我国农村小水电发展研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2008.

(本文编辑 王传瑜)

- [5] 张羽, 杨朝辉, 赵集云, 等. 弯曲河段船闸引航道通航水流条件模拟 [J]. 水运工程, 2022(6): 132-138.
- [6] 陈明, 李初民, 王多银, 等. 左江山秀船闸改扩建工程引航道通航水流条件 [J]. 水运工程, 2021(11): 66-73.
- [7] 张瑞瑾, 谢鉴衡, 陈文彪. 河流动力学 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2007.
- [8] 交通部天津水运工程科学研究所. 通航建筑物水力学模拟技术规程: JTJ/T 235—2003 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.

(本文编辑 王传瑜)

- [6] 张明进, 张华庆. SMS 水动力学软件 [J]. 水道港口, 2006, 27(1): 57-59.
- [7] 刘晓帆, 吴林, 谢玉杰, 等. 受长江回水顶托的龙透关沱江大桥通航净空尺度的论证研究 [J]. 水运工程, 2014(1): 108-112.
- [8] 郑国诞, 吴军君, 史英标, 等. 曹娥江大闸闸上河道建桥通航水流条件 [J]. 水运工程, 2021(6): 141-146.
- [9] 四川大学水力学与山区河流开发保护国家重点实验室. 水力学 [M]. 5 版. 北京: 高等教育出版社, 2016.

(本文编辑 赵娟)