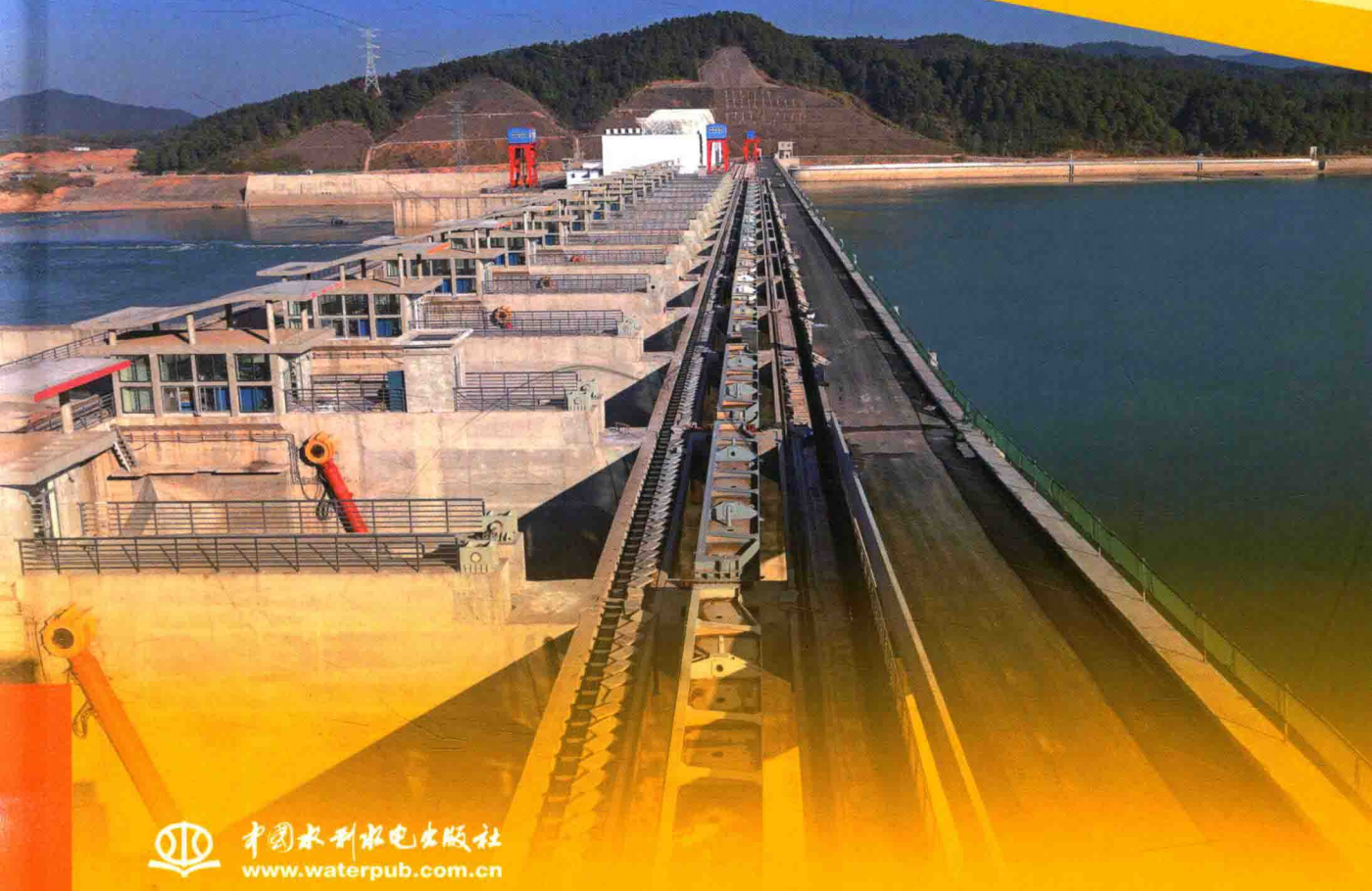


JIANGXISHENG
XIAJIANG SHUILI SHUNIU GONGCHENG

江西省峡江水利枢纽工程 工程重大技术

江西省峡江水利枢纽工程建设总指挥部 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

江西省峡江水利枢纽工程

工程重大技术

江西省峡江水利枢纽工程建设总指挥部 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是“江西省峡江水利枢纽工程”丛书之一，主要介绍江西省峡江水利枢纽工程重大技术研究成果。全书共十章，包括：绪论，枢纽工程水工整体模型研究，厂房温度应力仿真与温控措施研究，泄洪弧形工作闸门静、动力学特性研究，泄水闸闸墩段深层抗滑稳定及加固研究，船闸输水系统型式水力计算及模型试验研究，库区抬田工程关键技术研究与应用，同赣隔堤三维渗流控制研究，水轮发电机组技术开发，以及水库调度运用方案研究等内容。

本书可供从事土木及水利水电工程研究、规划设计、施工与建设管理等方面有关人员借鉴，也可作为大专院校相关专业师生的参考书。

【编者特别声明】 本书的观点、结论和数据，对江西省峡江水利枢纽工程的有关合同无任何影响。

图书在版编目（C I P）数据

江西省峡江水利枢纽工程. 工程重大技术 / 江西省
峡江水利枢纽工程建设总指挥部主编. — 北京：中国水
利水电出版社，2016.2

ISBN 978-7-5170-4121-4

I. ①江… II. ①江… III. ①峡江—水利枢纽—水利
工程—工程技术—江西省 IV. ①TV632.56

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第038098号

书 名	江西省峡江水利枢纽工程 工程重大技术
作 者	江西省峡江水利枢纽工程建设总指挥部 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 15.5印张 368千字
版 次	2016年2月第1版 2016年2月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	60.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

“江西省峡江水利枢纽工程”丛书

编 委 会

主 任 孙晓山 罗小云

副主任 曾晓旦 吴义泉 肖洪波 肖玉兰

顾 问 万贻鹏 郭庆亮 喻小平 姚毅臣 阎 齐

范际浒 章仲虎

委 员

建设单位：江 凌 杨罗女 习金苟 杜 强 刘祖斌

麻 夏 王河川 黄志勇 陈九灵 管升明

潘春茹 王黎明 夏美龙 章晚华 陈震宇

朱爱如 王永泉 梁在彪 张 武 万迪文

移民单位：周 勇 李长生 阮建芳

设计单位：孔俐丽 黎文杰 张建华

监理单位：黄少华 周奇才 吴庆华

施工单位：吴志刚 胡继峰 简金根 黄献新 李中方

俞伟弘 林永弟 郑 龙 谈 丰

《江西省峡江水利枢纽工程 工程重大技术》

编 审 人 员

主 编 姚毅臣 刘祖斌

副主编 张建华 陈九灵 廖冬芽 朱爱如 刘 波 黄志勇

主 要 撰 稿 人

章 名	主要撰稿人
绪论	张建华
第一章 枢纽工程水工整体模型研究	邬年华 明宗富 黄志文 万迪文
第二章 厂房温度应力仿真与温控措施研究	邓 彪 许韵木 刘芸华
第三章 泄洪弧形工作闸门静、动力学特性研究	饶英定 徐 强 王 颖
第四章 泄水闸闸墩段深层抗滑稳定及加固研究	刘芸华 廖冬芽 谢 鑫
第五章 船闸输水系统型式水力计算与模型试验研究	宣国祥 赵建均 黄 岳 李 君 王小东 张志崇 滕 娟
第六章 库区抬田工程关键技术研究与应用	李春华 刘祖斌 张建华 刘 波 万迪文
第七章 同赣隔堤三维渗流控制研究	孔俐丽 李春华 刘 波
第八章 水轮发电机组技术开发	吴庆华 刘祖斌 刘润根
第九章 水库调度运用方案研究	詹寿根 朱爱如 胡苑成 胡志坚

序

, Lu

浩浩赣江，自南向北，流贯江西。千百年来，赣江在哺育江西儿女、给江西带来现代文明的同时，也给南昌、赣抚平原及赣江三角洲百姓留下了无数灾害的记忆。在赣江干流中游河段修建一座骨干水利工程，是4500万江西人民长久以来的愿望和祈盼。自20世纪50年代起，历经反复调查、勘测、论证，峡江水利枢纽工程终于在2009年开工建设，为江西水利工程建设掀开了新的一页。

峡江水利枢纽工程位于赣江中游峡江县老县城巴邱镇上游约6.0km处，是一座具有防洪、发电、航运、灌溉等综合效益的枢纽工程，也是江西省有史以来最大的水利工程，在江西经济社会发展中具有重要作用。

防洪方面，经合理调度，以及与泉港分蓄洪区配合使用，可使坝址下游的南昌市昌南城区和昌北主城区的防洪标准由100年一遇提高到200年一遇；赣东大堤和南昌市昌北单独防护的小片区防洪堤的防洪标准由50年一遇提高到100年一遇。

发电方面，电站装机容量360MW，年发电量11.44亿kW·h，保证出力44.09MW，是江西电网中的骨干水电站。

航运方面，能畅通航行千吨级船舶，并增加坝址下游的枯水流量，改善赣江中下游航道的航运条件，提高航运保证率。

灌溉方面，可为坝址以下沿江两岸的峡江、新干和樟树等县（市）30万亩农田提供可靠的水源保障。

自工程开工建设以来，在江西省委省政府的正确领导和大力支持下，建设者们围绕高标准、高质量、高水平的建设目标，周密组织、精心施工、科学管理、大胆创新，确保了工程“四个安全”，把峡江水利枢纽工程建成了精品工程、优质工程、民心工程。

一是创新水库移民安置思路。根据库区淹没特点，通过科学规划和优化设计，实施库区防护工程和抬田工程，有效控制移民数量；将移民安置点建设与美丽乡村建设有机结合，带领移民安家致富，实现了“移得出、稳得住、能致富、不反复”的移民安置目标。

二是创新水利建设融资模式。坚持政府主导、市场参与、两手发力，积

极筹集市场资金参与电站建设，形成了“政府建设-市场出资-特许经营-期满移交”的工程建设融资新模式。

三是创新工程建设管理模式。对枢纽主体工程 and 库区防护工程采取不同的管理模式：主体工程由项目法人直接管理，防护工程委托所在地方政府组织实施，在保证工程建设质量的同时，充分调动地方积极性。

四是创新工程运行管理方式。推行工程运行养护物业化管理，充分发挥物业公司的专业管理优势和资源调配优势，降低工程运行和养护成本，保障工程长期发挥效益。

历经6年艰苦奋斗，2015年7月3日，峡江水利枢纽工程所有机组具备了正常蓄水发电条件，标志着该工程提前完成建设目标，为江西省水利工程建设树立了新的标杆。值峡江水利枢纽工程完工之际，“江西省峡江水利枢纽工程”丛书亦付梓出版。该书从工程管理、工程设计、工程施工和工程移民安置等方面，全面总结了峡江水利枢纽工程建设与管理经验，可为江西乃至全国的水利工程建设与管理提供有益借鉴。



2015年8月

前言

Qian Yan

峡江水利枢纽工程是江西省有史以来最大的水利工程，是一座以防洪、发电、航运为主，兼顾灌溉等综合利用的大（1）型水利枢纽工程。该工程是赣江干流梯级开发的骨干工程，也是江西省大江大河治理的关键性工程。枢纽建筑物有泄水闸、挡水坝、河床式电站厂房、船闸、左右岸灌溉进水闸及鱼道等；库区工程包括同江河、吉水县城、上下陇洲、柘塘、金滩、樟山和槎滩共7个防护区，以及沙坊、八都、桑园、水田、槎滩、金滩、南岸、醪桥、乌江、水南背（抬地）、葛山、砖门、吉州区、禾水、潭西等15片防护区外的抬田工程。

由于峡江水利枢纽工程所在地气象水文、地形地质等特点，给该工程设计、施工中带来了诸多重大技术问题，如枢纽整体水力学特性、电站厂房大体积混凝土温度应力及其控制、泄水闸闸墩段深层抗滑稳定、库区抬田工程设计参数优化、同江防护区渗流控制研究、大型灯泡贯流式水轮发电机组设计参数优化以及水库调度运用方案优化等问题。这些重大技术问题或影响到工程运用的安全和效率，或关系到工程建设投资的优化。针对这些重大技术问题，江西省水利厅、江西省峡江水利枢纽工程建设总指挥部高度重视，先后组织设计单位——江西省水利规划设计院，与我国水利水电建设顶级研究机构 and 高校，包括中国水利水电科学研究院、南京水利科学研究院，河海大学等，开展联合技术攻关。

经过各方的共同努力，峡江水利枢纽工程相关重大技术问题得到较为圆满的解决，实现了预期的目标。这些研究成果或直接引入了工程设计和工程施工，或为指导工程设计和施工提供了参考。如水轮机组转轮直径目前属国内第一，国际第二的灯泡贯流式水轮发电机组相关设计参数得到充分优化，目前已经安全运行；国内外规模最大的3.7万亩抬田工程，不仅最大限度地降低了移民人口和浸没影响，而且建成了“旱能灌、涝能排”“水能顺畅到田、农机能便利下田”的高标准高产农田，大大节省了种植成本和投劳成本，受到库区群众的欢迎。

本书原始资料主要来自于相关研究报告。在本书编写过程中，江西省水利规划设计院提供了技术支持，并得到了河海大学工程管理研究所的鼎力相助。在此，对相关研究参与人员，特别是研究报告的编制者，以及为本书提

供帮助的相关人员，一并表示谢意。

限于编者水平，书中难免有不妥之处，敬请同仁和读者们批评指正。

编 者

2015 年 6 月

目 录

Mu Lu

序

前言

绪论 1

第一章 枢纽工程水工整体模型研究 12

第一节 研究概述 12

第二节 上坝址上坝线模型试验研究 17

第三节 上坝址下坝线模型试验研究 28

第二章 厂房温度应力仿真与温控措施研究 38

第一节 研究概述 38

第二节 计算理论与软件 41

第三节 厂房坝段计算模型及准稳定温度场分析 43

第四节 厂房坝段不同施工进度下温度应力仿真分析 46

第五节 厂房坝段设计分缝措施下温度应力仿真分析 52

第六节 研究结论 58

第三章 泄洪弧形工作闸门静、动力学特性研究 59

第一节 研究概述 59

第二节 有限元模型 61

第三节 结构静力分析 62

第四节 自振特性分析 69

第五节 脉动压力频谱分析 70

第六节 结构动力分析 71

第七节 研究结论 78

第四章 泄水闸闸墩段深层抗滑稳定及加固研究 80

第一节 研究概述 80

第二节 计算方法与判断标准 81

第三节 计算参数、计算荷载及工况 85

第四节	典型闸段深层抗滑稳定分析	87
第五节	11 号闸墩段非线性有限元分析	102
第六节	研究结论与建议	107
第五章	船闸输水系统型式水力计算与模型试验研究	109
第一节	研究概述	109
第二节	输水系统型式选择	111
第三节	输水系统布置	113
第四节	基本水力参数估计	117
第五节	数学模型和计算方法	120
第六节	输水水力特性估算	123
第七节	水力学模型试验研究	124
第八节	研究结论	132
第六章	库区抬田工程关键技术研究与应用	134
第一节	抬田耕作层厚度优化	134
第二节	抬田保水层厚度优化	140
第三节	抬田水肥利用与土壤改良研究	154
第四节	成果示范与推广	163
第五节	研究结论与展望	166
第七章	同赣隔堤三维渗流控制研究	168
第一节	水文地质特性及渗流控制设计布置	168
第二节	同赣隔堤三维渗流模型、介质参数及边界条件	173
第三节	同赣隔堤三维渗流计算分析组合及成果分析	176
第四节	同赣隔堤基础深槽部位防渗墙不同深度比较	187
第五节	研究结论	189
第八章	水轮发电机组技术开发	191
第一节	灯泡贯流式水轮机技术开发	191
第二节	灯泡贯流机组发电机技术开发	198
第九章	水库调度运用方案研究	202
第一节	水文分析计算成果	202
第二节	工程设计调度运行方式	207
第三节	水库及上下游防洪情势	212
第四节	水库蓄泄水判断指标	215

第五节	工程调度运用方案	217
第六节	水库预泄对下游防洪影响分析	230
第七节	工程运行调度权限与保障措施	232
第八节	研究结论与建议	233

绪 论

一、工程特点

峡江水利枢纽工程位于赣江中游峡江县老县城（巴邱镇）上游峡谷河段，距巴邱镇约6km，是一座以防洪、发电、航运为主，兼顾灌溉等综合利用的大（1）型水利枢纽工程。该工程是赣江干流梯级开发的骨干工程，也是江西省大江大河治理的关键性工程。枢纽主要建筑物有泄水闸、挡水坝、河床式电站厂房、船闸、左右岸灌溉进水闸及鱼道等。

峡江水利枢纽工程坝址控制流域面积 62710km^2 ，多年平均年径流量 $1640\text{m}^3/\text{s}$ ；多年平均年悬移质输沙量 563.4 万 t，推移质输沙量 30.8 万 t；水库总库容 11.87 亿 m^3 ，防洪库容 6.0 亿 m^3 ，调节库容 2.14 亿 m^3 ；水电站总装机容量 360MW，多年平均年发电量 11.44 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ；船闸设计年货运量 1491 亿 t/a，改善航道里程（Ⅲ级航道）77km，过船吨位 1000t；设计总灌溉面积 32.95 万亩^①。

大坝为混凝土闸坝，坝顶全长 845m，顶高程 51.20m，最大坝高 44.90m。枢纽布置沿轴线从左至右依此为：左岸挡水坝段（包括左岸灌溉总进水闸，长 102.5m）、船闸（长 47.0m）、门库坝段（长 26.0m）、泄水闸坝段（18 孔，总长 358m）、厂房坝段（长 274.3m，其中安装间长 62.5m）、右岸挡水坝段（长 99.7m，包括右岸灌溉总进水闸、鱼道）。

为减少库区淹没与移民，库区设有同江河、吉水县城、上下陇洲、柘塘、金滩、樟山和槎滩共 7 个防护区以及沙坊、八都、桑园、水田、槎滩、金滩、南岸、醪桥、乌江、水南背（拾地）、葛山、砖门、吉州区、禾水、潭西等 15 片防护区外的拾田工程。7 个防护区分布于赣江两岸以及同江、文石河等下游两岸，根据防护区的不同保护对象采用不同的洪水设计标准分别进行防护，建立各自相对独立的防洪保护圈。7 个防护区共保护耕地 5.35 万亩、人口 8.28 万人、房屋 466.3 万 m^2 。同江防护区保护耕地面积 3.16 万亩、人口 4.48 万人、房屋面积 246 万 m^2 ，为防护效益最大的保护区，防护区布置有同赣堤、同北导托渠、同南河、阜田堤、万福堤、同江河出口泵站、麻塘拾田、同江河拾田等工程。

二、工程设计、施工面临的重大技术问题

根据厂坝枢纽工程和库区防护及拾田工程所在地气象水文、地形地质等特点，工程设计、施工中面临重大技术问题包括下列几方面：

（1）厂坝枢纽整体水力学问题。包括：泄水闸堰面设计优化和消能设施合理布置问题；电站取水口防沙合理布置和尾水渠水沙条件改善问题；电站事故停机对建筑物安全和航运安全影响的问题；水库运行方式对航运影响的问题；船闸布置、结构形式的优化问

① 1 亩 = 667m^2 。

题；施工导流水力学相关问题。

(2) 电站厂房大体积混凝土温度应力及其控制问题。主厂房尺寸 $211.8\text{m} \times 30.0\text{m} \times 56.90\text{m}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)，体积大，温控问题较为突出。

(3) 泄洪弧形工作闸门刚度、强度问题。峡江水利枢纽工程泄洪闸弧形工作闸门体型尺寸大，接近超大型弧形闸门，闸门启闭及运行过程中闸下水流条件复杂，闸门常处于门底泄流所形成的水流漩滚冲击的作用。闸门启闭及局部开启运行条件下的水流动力荷载以及水流脉动引起的闸门振动将直接影响闸门的安全运行。

(4) 泄水闸闸墩段深层抗滑稳定问题。峡江水利枢纽工程泄水闸工程地质条件复杂，初步分析表明，部分闸孔的闸墩深层抗滑稳定性不能满足规范要求，迫切需要深入分析，并提出合理可行的加固方案。

(5) 船闸输水系统布置问题。峡江水利枢纽工程船闸规模较大、设计水头较高，根据总体布置与《船闸输水系统设计规范》(JTJ 306—2001) 的有关规定及要求，对船闸输水系统进行水力分析，提出改进意见和确定输水系统布置型式及各部位细部尺寸，以确保输水系统运行安全及船舶安全快速是十分必要的。

(6) 库区抬田工程设计参数优化问题。通过抬田方式，对浅淹没区进行田面抬高，可有效解决库区耕地淹没问题，同时有效地保护可种植土地资源。但大面积实施抬田工程既无标准也无实践经验，因此迫切需要开展研究，确定耕作层、保水层厚度等相关参数。

(7) 同江防护区渗流控制问题。水库区为低山丘陵地貌，库周地下水分水岭高于水库正常蓄水位，在防渗工程到位之后一般不产生永久性渗透问题。在峡江枢纽工程投入正常运行的条件下，地下水环境因上游库水位的抬高将可能产生改变；拟建防护堤基本位于一级阶地前缘或高漫滩，局部地段堤基上部黏土层缺失，圩堤直接坐落在砂壤土和细砂层上，易产生堤基渗透或渗透变形等问题。

(8) 大型灯泡贯流式水轮发电机组设计参数优化问题。峡江水利枢纽工程发电水头低，大型灯泡贯流式机组是优选方案，但如何在总结类似已建工程的基础上，对机组进行了优化，以提高运行效率，这是峡江水利枢纽工程建设中的关键技术之一。

(9) 水库调度运用方案优化的问题。水库调度运用优化不仅关系到兴利，而且关系到防灾。特别是峡江水利枢纽工程库区防护范围大、影响大，水库调度运用方案优化问题显得更加突出。

三、工程重大技术研究主要结论或建议

(一) 厂坝枢纽整体水工水力学问题研究主要结论与建议

1. 上坝址上坝线模型试验结论与建议

(1) 原设计方案校核泄量下，坝前水位 49.48m ，比设计校核洪水位高 0.48m ，说明原设计方案泄流能力不能满足要求。方案修改后校核泄量坝前水位 48.68m ，比设计校核洪水位低 0.32m ，泄流能力满足要求。

(2) 各种泄流工况下堰面压力均未出现负压。

(3) 下泄设计泄量以上洪水时，水面线高于泄水闸弧形门支铰点，影响闸门正常运行；在各级泄量下，船闸闸室闸墙的高程均位于水面线以上。建筑物下游各边墙与中隔墙

的顶高程由设计单位根据水面线测量成果确定。

(4) 各消能试验工况下,水跃均未出消力池外,消力池长度与深度能满足消能要求。消能设计工况下,消力池出口断面最大底流速 5.35m/s ,稍大于河床弱上岩体抗冲流速。下游河床及岸坡的防护措施与范围,由设计单位可根据流速分布及岸坡的抗冲能力进行对比分析后确定。

(5) 上游引航道口门区及连接段无明显不良流态,下游引航道口门区在各种工况下均存在回流和横流,如果将隔流墙延伸至弯道末端,不良流态可得到明显改善。

(6) 原设计方案下,电站尾水壅高严重。通过放缓尾水反坡及缩短厂—闸间导墙等措施,尾水基本未见壅高。

(7) 泄水闸不同的运行调度方式对下游流态及流速影响较大。当闸泄流量大于 $5000\text{m}^3/\text{s}$ 时,最好采用 18 孔或 12 孔同步开启运行方式,采用左侧 6 孔开启方式,其对应部分下游河道中的流速较大,将下游河床及岸坡造成严重冲刷。

(8) 定床和泥沙动床试验研究表明,枢纽工程布置方案基本合理可行。

(9) 由于枢纽所处河段的河势特点,在现有工程布置条件下,欲完全做到电站门前清是不现实的。电站取水防沙问题,可通过工程措施、调度运用及管理手段统筹解决。导沙坎结构型式修改后,导沙效果较前有大的改善,但方案的实施将增加工程量和投资,经济上是否合理,有待设计方进一步研究论证。

(10) 试验研究表明,当汛期流量较小,电厂单独运行时,在泥沙极限平衡状态下,部分泥沙会翻越导沙坎进入电厂取水口。中小流量 ($5000\sim 9700\text{m}^3/\text{s}$) 泄洪时,开启 6 孔 (1~6 号) 泄水闸优于开启 12 孔 (7~18 号),不仅对泄流排沙有利,而且下游引航道口门区水流条件也比较好。当下泄流量大于最大发电允许流量时 (如 $14800\text{m}^3/\text{s}$),电厂停止运行,泄水闸具有较为理想的排沙效果。

2. 上坝址下坝线模型试验结论与建议

(1) 下坝线泄流能力与上坝线基本相近,校核泄量下,坝前水位 48.57m ,比设计校核洪水位低 0.43m ,泄流能力满足设计要求。

(2) 仅在校核洪水泄量下,弧形门支铰点高程位于水面线之下,影响闸门正常运行,其他工况支铰均高于水面线;在各级泄量下,船闸闸室闸墙的高程均位于水面线以上。建筑物下游各边墙与中隔墙的顶高程由设计单位根据水面线测量成果确定。

(3) 在机组发电各工况下泄洪,泄水闸上下游均无不良流态现象;在大泄量时,机组停发,由于上游河道主流位于右岸,在 16~18 号泄水闸前存在着自厂房侧而来的横流流态;在泄水各工况下,水流出消力池后与下游水面衔接平顺。

(4) 设计选用的消力池型式有易排沙、结构简单的优点。在绝大多数泄流工况下,出闸水流呈淹没水跃的流态与下游河道水面衔接,水跃跃首出现在闸门后附近或溢流面斜坡段,仅在小泄量开 6 孔泄洪时为临界水跃或低淹没度水跃,跃首出现在闸室内平底段。在各级泄量下水跃跃尾基本上都能控制在消力池内,消力池的长度和深度能满足要求。

(5) 本工程泄洪特点为低水头、大单宽、佛氏数较低、消能率低。即便是在合理的闸门运行方式下,消力池出口流速仍然较大。在消能工况泄量下消力池出口断面最大底流速为 5.60m/s ,大于河道基岩的允许抗冲流速。另据有关资料反映,低佛氏数水流所具有的

紊动能量有时可占到总能量的 30%，而这部分能量在模型试验的时均流速中是难以看出的。因此，建议对消力池下游的河床进行必要的防护，防护长度根据流速分布观测结果应不小于 150m。

(6) 电站上游进水平顺，流速分布比较均匀，厂房尾水与河道水流平稳衔接，在各工况下尾水未见壅高。

(7) 本工程有 18 孔泄水闸，泄洪时闸门的运用调度方式极为重要，不同的运行调度方式对下游流态及流速影响很大；消力池一隔两区的设置对闸门灵活调度分区运用，改善泄水闸下游流态是极有好处；泄洪时可根据泄量大小采用左 6 孔、右 12 孔及 18 孔同步开启的 3 种运用调度方式，当闸泄流量大于 $5000\text{m}^3/\text{s}$ 时，宜采用 18 孔或 12 孔同步开启运行方式，否则下游河道中的流速较大，将对下游河床及岸坡造成严重冲刷。

(8) 定床和泥沙动床试验研究表明，枢纽工程布置方案基本合理可行。

(9) 下坝线与上坝线相比较，从闸坝水流条件方面来说差别很小，但从通航水流条件及电站尾水扩散方面来说，下坝线更为优越些。

(10) 坝区动床模型试验成果表明，只要电厂正常运行发电，导沙坎中、下段都不可避免会发生不同程度的泥沙淤积，这是峡江河段自然情况下的河势特点所决定的。在水库运行的前 10 年内，入库推移质泥沙很可能还没运行到坝前。输移到坝前的泥沙会通过输沙主槽排往下游，在坝前形成相对稳定的冲刷漏斗。

(11) 当下泄流量超过最大发电流量时，电厂关闭，运行到坝前的泥沙大都可通过泄水闸排往下游。滞留在导沙坎中段、下段的淤沙可被横向水流悬起经泄水闸排出，导沙坎似不会产生累积性泥沙淤积。当遭遇 5 年一遇洪水流量时，关机泄洪是减少坝区淤积和排除导沙坎泥沙淤积的有利时机，可在坝区形成稳定的输沙主槽。

(12) 枢纽下游动床模型试验表明，不同流量级及闸门不同运行方式下，下游河床冲刷过程和强度大不相同。超过一定泄量时，采用 1~6 号泄水闸泄洪不仅不利于排除坝前泥沙，而且对下游河道冲刷也最为不利。因此，建议应尽量避免单独开启左 6 孔泄水闸泄洪的运用方式。

(13) 上游引航道口门区底槛高，远离推移质主输沙带，口门区不会因泥沙淤积而碍航。下游冲刷动床模型试验表明，由于下游河道深泓线位于左侧，下游河道冲起的泥沙可沿着深泓线向下游输移，不至在下游引航道口门区落淤。

(二) 厂房温度应力仿真与温控措施研究主要结论与建议

(1) 峡江水电站厂房坝段温度控制标准一般情况下要严格按照规范规定执行，由于其基岩变形模量不超过 5GPa，远小于混凝土变形模量时，温控标准与规范规定相比，可适当放宽，具体情况须依据厂房坝段温度场应力场全过程仿真分析成果确定。

(2) 峡江水电站厂房每个坝段顺河向长度值超过 90m，远大于其宽度值，大部分情况下不采取工程措施难于满足温控防裂要求。采用顺河向分块浇筑辅之以简单温控措施是行之有效的方法，各浇筑块长度须依据厂房坝段温度场应力场全过程仿真分析成果并结合现场实际情况确定。

(3) 峡江水电站厂房主厂房坝段推荐采用如图 2-20 所示分块方案，其中先浇筑 I 块、III 块、IV 块，后浇筑 II 块，由于 II 块部位在实际施工中需进行水轮机安装的有关工

作,此种浇筑方案对总体施工进度影响不大。仿真分析结果表明:当后浇筑块Ⅱ安排在低温季节浇筑并且混凝土浇筑温度控制在 26°C 时,辅之以表面养护及表面保温措施,即可满足温控防裂要求。

(4) 厂房坝段流道周边采用预留宽槽方法进行分块浇筑时,宽槽两侧须有止水措施。如仅仅采用微膨胀混凝土在低温季节填筑预留宽槽措施,在长期的实际运行中宽槽两侧可能会发生漏水现象。

(三) 泄洪弧形工作闸门静、动力学特性研究结论

1. 静力计算分析结论

(1) 静力计算过程中支铰处连接铰轴的约束处理与实际情况相差较大,计算结果 y 向位移偏大,最大值为 186.4mm ,出现在校核工况支铰处。 x 向为横河向,在正常挡水工况下, x 向的位移较其他两个方向大(支铰和支臂 y 向除外),与最大位移为 38.33mm ,发生在校核工况闸门结构面板中部, z 向位移均较小, z 向最大位移为 5.417mm ,发生在校核工况面板与中间主横梁与面板交接处的靠右岸处,方向指向 z 轴的负向(竖直向下)。起吊工况下,吊杆与闸门存在一定的夹角, z 向的约束不足,在水压力的作用下,闸门结构有绕支铰逆时针转动的趋势。

(2) 如前所述,支铰连接轴的约束处理与实际情况相差较大,导致支铰、支臂以及和支臂连接处的纵梁结构等的变形较大,相应的结构出现局部应力集中。在正常挡水工况下,纵梁结构在水压力作用下,正应力较大的值主要出现在纵梁腹板(228.08MPa)以及纵梁筋板底部(216.83MPa),同样在主横梁的腹板处,也出现 302.23MPa 的应力,支臂结构出现 216.16MPa 与 195.12MPa 的较大应力。相同的部位在校核工况下也出现很大的应力。该处的应力值不应该作为校核闸门安全的应力数据。

(3) Q345 钢的容许切应力 130MPa ,挡水工况下最大的切应力为最大切应力为 84.432MPa ,出现在校核水位面板下部偏右处,并未超出材料的容许切应力。起吊工况最大的切应力为 104.03MPa ,出现在闸门底部近右岸处,也在 Q345 钢的容许切应力 130MPa 之内。

2. 自振特性分析结论

(1) 在考虑流固耦合的情况下,自振频率较不考虑流固耦合效应均有所降低。峡江水闸自振基频受流固耦合效应的影响较小,仅降低了 1.89% ,这可能是由于第一阶的振动主要表现为横河向的振动与水体相切的缘故。起吊工况基频振动表现为绕支铰铰轴的转动,也是与水体相切的振动,流固耦合效应对起吊工况基频的影响也较小。对于较高阶的自振频率,流固耦合影响较大,频率最高降低 66.06% 。

(2) 挡水工况闸门第一阶的振动主要表现为横河向的振动,第二阶和第三阶振动分别表现为闸门整体结构的扭动和支臂的振动。起吊工况闸门第一阶主要表现为绕支铰铰轴的转动振动,第二阶和第三阶表现为整个闸门结构的扭动。流固耦合效应对闸门的振型有一定的影响,挡水工况考虑流固耦合效应第二阶和第三阶主要表现为支臂上以上闸门结构顺河向的振动。

3. 脉动压力频谱分析结论

各个测点脉动压力数据的偏态系数都接近于 0 ,脉动压力基本上是一均值为界对称分