

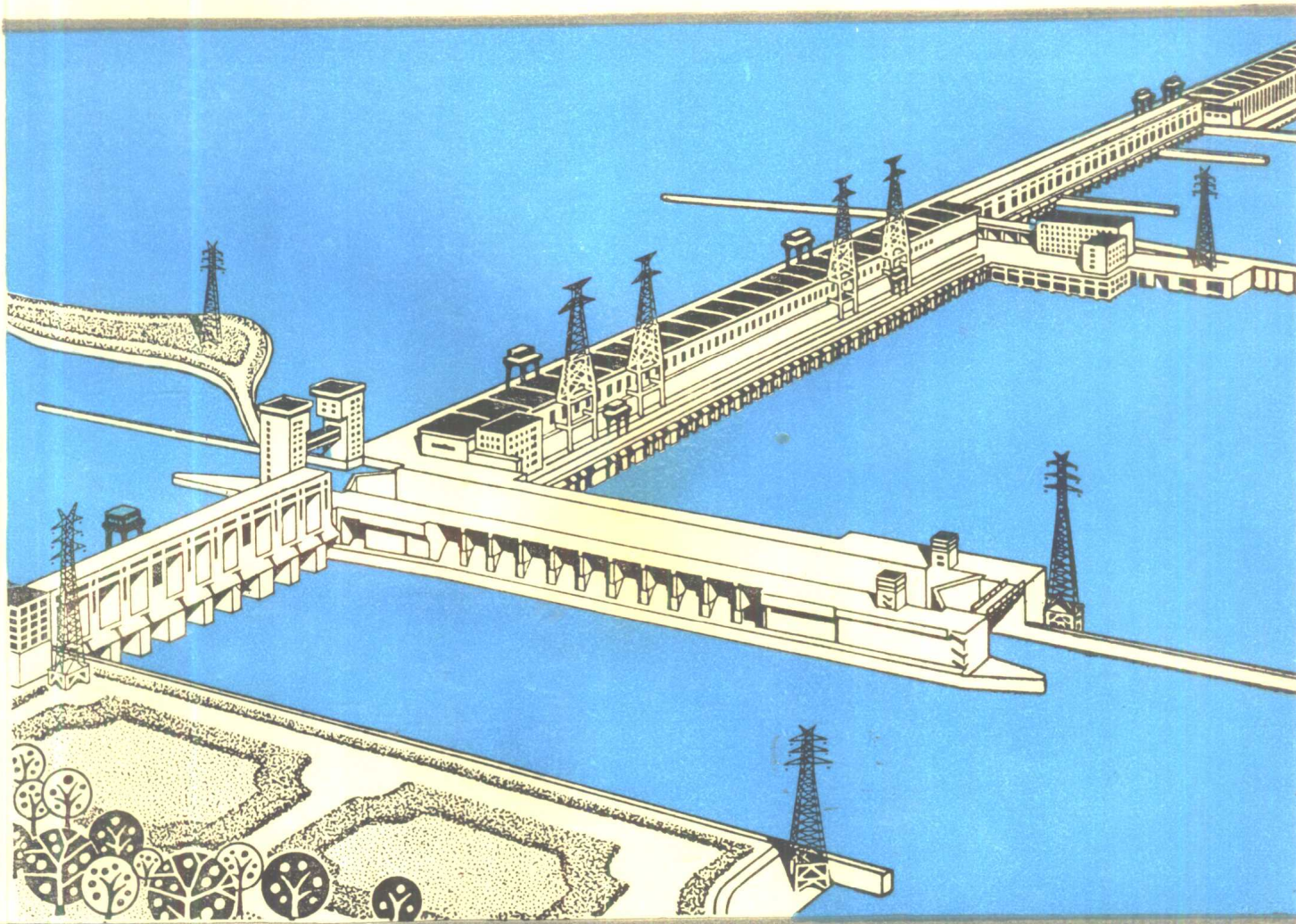
中国水利学会《葛洲坝工程丛书》编辑委员会

葛洲坝工程丛书

6

通航建筑物

水利部长江水利委员会 董士镛 主编
宋维邦 副主编



中国水利水电出版社

中国水利学会《葛洲坝工程丛书》编辑委员会

葛洲坝工程丛书

6

通航建筑物

水利部长江水利委员会 董士镛 主 编
宋维邦 副主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本分册介绍通航建筑物，分三部分：第一部分有三章，介绍通航建筑物概况、总布置和通航水力学；第二部分有两章，介绍大、三江两条航道及其与长江主航道连接段的情况；第三部分有三章，分别介绍一、二、三号船闸的情况。为与第五分册内容相呼应，本分册以综述的形式简述了各枢纽建筑物的设计指导思想和工作方法，并在附录中介绍了工程的主要特征指标。

本书可供从事水利、水电及水运工程设计的科技人员和有关高等院校的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

通航建筑物/董士镛主编.-北京:中国水利水电出版社,1997

(葛洲坝工程丛书;6)

ISBN 7-80124-480-X

I. 通… II. 董… III. 水利枢纽, 葛洲坝-通航建筑物 IV. U64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 13760 号

书 名	葛洲坝工程丛书 6 通航建筑物
作 者	水利部长江水利委员会 董士镛 主 编 宋维邦 副主编
出版、发行 经 售	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 14 印张 317 千字 2 插页
版 次	1998 年 3 月第一版 1998 年 3 月北京第一次印刷
印 数	0001—1100 册
定 价	28.00 元

中国水利学会

《葛洲坝工程丛书》编辑委员会

主任委员 陈赓仪

副主任委员 李鹗鼎

委 员 (以姓氏笔画为序)

文伏波	王梅地	王维勇	孔祥千
石 衡	卢兆策	纪云生	邵长城
李鹗鼎	沈维义	陈赓仪	杨 溢
金 炎	罗其华	周 坦	岳荣寿
侯广忠	钟梓辉	高 雄	曹乐安
曹宏勋	梁应辰	潘家铮	魏廷琿

秘 书 长 杨 溢 (兼) 纪云生 (兼) 金 炎 (兼)

秘 书 陶景良 朱光裕 陈叔康 阎立波

《葛洲坝工程丛书》

长江水利委员会编辑委员会

主任委员 曹乐安

副主任委员 杨贤溢 文伏波 洪庆余 王家柱

委 员 邵长城 郑守仁 郑允中 陈济生

董士镛 沈克昌 魏 璇 赵纯厚

陈德基 朱丽如 韩承荣

总联络员 赵纯厚 (兼)

《通航建筑物》编撰人和审订人

主 编 董士镛
副主编 宋维邦
主 审 文伏波

各章编撰人和审订人

章 次	编 撰 人	审 订 人
综 述	董士镛	文伏波
第一章	宋维邦	崔志豪 李贻祖 陈麟灿
第二章	王俊生 刘党一	崔志豪 李贻祖 陈麟灿
第三章	傅永清 宋维邦 王俊生 谢礼义 张勋铭	崔志豪 李贻祖 陈麟灿
第四章	王俊生 孙友山	崔志豪 李贻祖 陈麟灿
第五章	王俊生 孙友山	崔志豪 李贻祖 陈麟灿
第六章	宋维邦	崔志豪 李贻祖 陈麟灿
第七章	谢礼义 戴 斌	崔志豪 李贻祖 陈麟灿
第八章	张勋铭	崔志豪 李贻祖 陈麟灿
附 录	董士镛	崔志豪 李贻祖 陈麟灿

参 编 单 位 交通部水运规划设计院
参 编 负 责 人 梁应辰
副参编负责人 王作高

参编内容和参编人

参 编 内 容	参 编 人
概况	梁应辰
总布置	朱良骥 魏京昌
三江航道（含水力学）	朱良骥 汤唯一
大江航道（含水力学）	涂启明
三号船闸（含船闸水力学）	王作高
二号船闸（含船闸水力学）	梁应辰 林雄威 支保强
一号船闸（含船闸水力学）	涂启明

序

在葛洲坝水利枢纽工程全面建成之际,《葛洲坝工程丛书》将陆续与读者见面了,这是水利水电工程界一件值得庆贺的事。

葛洲坝水利枢纽是我国在长江干流上修建的第一个综合利用工程,它将担负未来三峡水库反调节和改善三峡坝址到南津关之间航道的任务,也是我国目前最大的水电站。

葛洲坝工程于1970年未经毛泽东主席批准开始兴建,主要是为解决华中、华东地区用电问题,同时也是为三峡工程作实战准备。因当时正处于十年动乱时期,没有完全按基本建设程序办事,工程开工后遇到一系列问题,需要进一步深入进行研究。因此在1972年底,周恩来总理决定暂停主体工程施工,由长江水利委员会负责修改设计,并成立了以林一山同志为首的葛洲坝工程技术委员会,在技术上全面负责。改组葛洲坝工程指挥部为葛洲坝工程局,负责施工。周总理强调指出,要尊重科学,多做实验研究,对葛洲坝工程建设“一定要战战兢兢,如临深渊,如履薄冰,做到确有把握”。

在技术委员会的指导下,在全国各有关部门的大力协作下,长江水利委员会经过深入的勘测、设计和科学试验,于1974年提出了修改的初步设计,经国家建设委员会审查批准,于同年10月恢复了主体工程的施工。粉碎“四人帮”以后,工程进度不断加快,施工质量稳步提高。1981年初,大江截流成功;5月下闸蓄水;6月下旬三江航道和2、3号船闸通航;7月二江电厂第一台机组并网发电。在当年出现 $72000\text{m}^3/\text{s}$ 大洪水的情况下,工程经受住了严峻的考验。接着,二期工程开始施工,1986年6月,500 kV变电站和大江电厂第一台机组投产;1988年9月,大江船闸试航成功,同年12月,电站21台机组全部建成投产。

葛洲坝水利枢纽不但工程规模大,而且在建设中遇到了许多关键性的技术难题。例如:水库库区、船闸上下游引航道和电站进出口的泥沙淤积;大流量泄水闸消能防冲;基岩软弱夹层的加固处理;大型船闸闸门启闭机的设计与制造;大型低水头水轮机组的研制与安装及超高电压技术的应用;施工导流和大江截流的设计施工;混凝土高强度施工的组织和管理;混凝土的温控措施;大型水利枢纽的运行管理;以及在安全监测系统中建立微机资料处理、解积及安全评价系统等。通过大量科学试验,这些关键性技术难题都得到了妥善的解决。

工程运用的实践表明，整个枢纽的设计、施工和设备的制造、安装都是很成功的。

葛洲坝水利枢纽的胜利建成，把我国水利水电工程技术水平推上了一个新高度。这表明，我国的水利水电建设者们完全有能力依靠自己的智慧和力量开发长江，造福人民。

葛洲坝工程开始运用以来，已经发挥了巨大的经济效益和社会效益。水电站总装机容量 271.5 万 kW，年发电量可达 165 亿 kW·h，为华中、华东地区的工农业发展做出了并将继续做出巨大贡献。它的建设成功确实为三峡工程和其它大型水利水电工程的建设积累了宝贵的经验。因此可以说，这项工程的决策在今天看来也仍然是正确的。

这套《丛书》有其一定的特色，它既不同于一般的工程总结，也不同于一般的水利水电工程方面的科技书。编写本《丛书》的目的，主要是力求在经过一定的实践检验的基础上，介绍、推广葛洲坝工程建设中解决一些关键性技术问题的经验，包括科学研究、规划设计、施工组织、设备制造和运行管理等。因此，这套《丛书》对从事大中型水利水电工程勘测、规划、设计、科研、施工、运行的技术人员，对高等院校有关专业的教学，有一定的参考价值。

《葛洲坝工程丛书》是广大葛洲坝工程建设者们辛勤劳动的结晶，也是我国水利水电事业的宝贵财富。希望这套丛书的出版，能对提高我国水利水电科学技术水平，加快我国水利水电建设步伐起到积极的推动作用。

陈贻仪

1989. 4. 30 于北京

前 言

长江葛洲坝工程是我国目前最大的水利枢纽，在许多方面体现了我国水利水电工程建设科学技术的新水平。为了及时总结、推广这些新经验，提高水利工程建设的技术水平，1981年在葛洲坝水利枢纽第一期工程基本完成后，在中国水利学会的积极倡导下，于10月20日在北京成立了“中国水利学会《葛洲坝工程丛书》编辑委员会”，决定组织编写出版一套系列书——《葛洲坝工程丛书》。经过近9年的准备和编写，现在这套丛书终于将陆续和读者见面了。这是一件值得庆幸的事。

本《丛书》旨在全面、准确地反映葛洲坝工程建设在科研、勘测、设计、施工、制造、安装和运行管理等各个方面的新技术、新经验。为此，编委会在确定《丛书》的书目之前，曾致函百余位水利专家广泛征求意见。经过反复讨论研究，最后决定本《丛书》由15册组成：《工程概况》、《泥沙研究》、《基础设计与处理》、《导流与截流》、《闸、坝与电站建筑物》、《通航建筑物》、《建筑物及其基础的安全监测》、《闸门与启闭机》、《水轮发电机组》、《电气》、《施工组织与管理》、《土石方工程施工》、《混凝土工程施工》、《运行与管理》、《工程文献》，平均每册40万字，全套《丛书》约600万字。

本《丛书》在编写过程中，编委会曾多次召开会议，对全套书的内容体系、编写分工、计划进度、审稿程序以及编写体例等，都作出了明确的规定。编写单位对此也十分重视，还成立了各自的编委会或编写领导小组，指派技术骨干担任各册的主编或编写人和审稿人，进行编写。初稿写成后，都经本单位自审和修改，最后交《丛书》编委会由专家审订定稿。所有这些做法，对确保本《丛书》的质量起了很好的保证作用。

本《丛书》是我国第一部大型水利水电工程丛书，具有一定的特色，就其整套书来说，内容全面、系统，不论是勘测设计和施工安装，还是科学研究和运行管理，都有述及，且相当完备；就其某一册来说，也自成系统，在详细介绍葛洲坝工程中的新工艺、新技术的同时，也有一定的理论阐述，因而与一般的工程总结有很大的不同；就其表达方式来说，不同于一般的科技书，不是面面俱到，而是抓住关键性的技术问题进行阐述，并以翔实的图表资料和数据加以论证，便于读者查阅，很有实用价值。因此我们相信，本《丛书》的问世对我国从事大型水利水电工程建设——特别是长江三峡工程建设的同志将会有

很大的启发和帮助。

参加本《丛书》编写工作的主要有：中国三峡工程开发总公司（筹）、水利部长江水利委员会、葛洲坝工程局、水利电力部驻葛洲坝代表处、交通部水运规划设计院、机械电子工业部电工局、葛洲坝水力发电厂、长江航道局宜昌航道分局、葛洲坝船闸管理处、哈尔滨大电机厂、东方电机厂等10多个单位，共200多人。他们都是在肩负繁重的科研、生产任务的情况下，克服了人力、物力、财力的种种困难完成编写任务的，为本《丛书》的顺利出版作出了很大贡献。在此，我们谨向他们表示衷心的感谢。

编写这样一套卷帙浩繁的工程丛书，对我们来说仅仅是个尝试，因此不可避免地会存在着许多缺点和不足之处。我们诚恳地欢迎读者对《丛书》中的错误和疏漏给予批评指正。

中国水利学会

《葛洲坝工程丛书》编辑委员会

1989.3.20

编 者 的 话

葛洲坝工程的枢纽建筑物由航道、船闸、泄水闸、冲沙闸、水电站厂房、混凝土挡水坝和土石坝组成，位于长江三峡的出口，正处河流由峡谷向平原分叉河型转变的过渡段，且在弯道下首。由于该工程系在长江干流上修建的第一座综合利用水利工程，不但规模巨大，而且坝址附近的河槽边界条件及水流、泥沙运动都很复杂，加上地基条件又有剪切带和强透水带等不利因素，因此在枢纽布置和建筑物设计中，遇到了一系列难题。如河势泥沙、航道防淤、航道和船闸水力学、泄水闸消能防冲、建筑物地基处理、水电站防沙排沙、大江截流、二期工程施工导流以及弧形门预应力混凝土支承结构等。为此，国家成立了由有关部、省、委领导同志组成的葛洲坝工程技术委员会，统一领导设计和科研工作。在该委员会的领导下，设计单位长江水利委员会遵照“精心设计、精心施工”的精神，与全国有关科研单位、高等院校通力合作，交通部还派出水运规划设计院的一个设计班子到工地共同参加通航建筑物部分的现场设计。经过调查研究终于克服了一个又一个困难，解决了一系列技术问题，完成了葛洲坝工程的建设，现已通航发电，收到了预期效益。

为了比较具体地介绍枢纽建筑物的主要设计经验，并为适应本丛书每分册平均 40 万字的编排，考虑各建筑物虽互相联系，但通航建筑物又有一定的独立性，编委会决定用第五和第六两个分册进行介绍。第五分册为“闸、坝与电站建筑物”，主要介绍枢纽布置、二江泄水闸、大江和三江冲沙闸、大江和二江电站建筑物、混凝土挡水坝和土石坝等；本分册为第六分册，主要介绍通航建筑物概况、总布置、通航水力学、两线航道和三座船闸。为了与第五分册内容相衔接并可独立成册，本分册以综述的形式简叙了各枢纽建筑物的设计指导思想与工作方法，并在附录中介绍了整个工程的主要特征指标。

本分册的主编单位为水利部长江水利委员会，正、副主编由长江水利委员会枢纽设计处董士镛、宋维邦担任；参编单位为交通部水运规划设计院，正、副负责人由水运规划设计院梁应辰、王作高担任。具体编撰人员为：综述由董士镛编写，第一章由宋维邦编写，第二章由王俊生、刘党一编写，第三章由傅永清、宋维邦、王俊生、谢礼义、张勋铭编写，第四、五章由王俊生、孙友山编写，第六章由宋维邦编写，第七章由谢礼义、戴斌编写，第八章由张勋铭编写。全书经崔志豪、李贻祖、陈麟灿审订，又经长江水利委员会技术委员会邵长城、吴康宁、唐日长审阅，先后提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。全书还经参编单位交通部水运规划设计院讨论并提出修改稿，具体参编人员为：概况由梁应辰编写，总布置由朱良骧、魏京昌编写，三江航道（含水力学）由朱良骧、汤唯一编写，大江航道（含水力学）及南津关航道整治由涂启明编写，三号船闸（含船闸水力学）由王作高编写，二号船闸（含船闸水力学）由梁应辰、林雄威、支保强编写，一号船闸（含船闸水力学）由涂启明编写，并由梁应辰、王作高统稿，对此一并表示由衷感谢。全书最后由正、副主编统稿，报经中国水利学会《葛洲坝工程丛书》编辑委员会文伏波主审定稿。

本分册的参考资料主要引自内部设计文件、科研报告和档案资料，因未公开出版，未

能一一列出，在此致歉。

限于编者水平，书中会有不少缺点、错误，敬请读者不吝批评指正。

编 者

1997年5月

目 录

序	
前言	
编者的话	
综 述	1
第一章 通航建筑物概述	5
第二章 通航建筑物的总体布置	11
第一节 布置依据	11
第二节 总体布置	18
第三章 通航水力学	24
第一节 南津关的航道水力学问题及航道整治	24
第二节 引航道水力学	26
第三节 大江下游航道与河势规划	29
第四节 船闸水力学	30
第四章 三江航道	51
第一节 航道布置	51
第二节 航道建筑物	59
第五章 大江航道	72
第一节 航道布置	72
第二节 航道建筑物	74
第六章 三号船闸	93
第一节 船闸总布置	93
第二节 船闸结构	98
第三节 主要设备	126
第七章 二号船闸	134
第一节 船闸总布置	134
第二节 船闸结构	146
第八章 一号船闸	167
第一节 船闸总布置	167
第二节 船闸结构	180
附 录 葛洲坝工程的主要特征指标	206
主要参考文献	209

综 述

葛洲坝工程位于长江三峡出口南津关下游 2.3 km 处,为三峡工程的组成部分,起航运梯级的作用,即渠化三峡大坝以下 37 km 的天然航道,对三峡电站日调节非恒定流进行反调节;并利用河段落差发电。工程沿坝轴线的长度为 2605.5 m,由拦河坝、泄水闸、船闸和水电站组成。其中:泄水闸有二江泄水闸 1 座,大江、三江冲沙闸各 1 座,可以满足设计流量 $8.60 \text{ 万 m}^3/\text{s}$ 、校核流量 $11.00 \text{ 万 m}^3/\text{s}$ 、二期施工设计导流流量 $6.68 \text{ 万 m}^3/\text{s}$ 、校核流量 $7.11 \text{ 万 m}^3/\text{s}$ 、保大江围堰流量 $8.60 \text{ 万 m}^3/\text{s}$ 和截流时保证截流水头 3 m 以下等不同流量级别的泄水要求;有一、二、三号船闸 3 座及大江、三江航道 2 条,近期可通航各类船舶,远景可通航万吨级船队,单向年通过能力为 5000 万 t;水电站有大江、二江电站 2 座,总装机容量为 271.5 万 kW,年发电量为 165 亿 kW·h。该工程规模巨大,技术问题复杂,幸赖葛洲坝工程技术委员会的全面领导以及各有关单位的通力协作和参加工作人员的积极努力,经过调查研究,弄清情况,然后从实际出发,实事求是,因地制宜,具体情况具体分析,最终使问题逐一得到解决,胜利完成了葛洲坝工程的建设。例如坝区河势规划和枢纽布置问题,经过河道演变的调查勘察、河道现状的水文测验、坝区水工及泥沙整体模型试验和导、截流水工试验,反复研究、对比、分析、讨论,才决定采取“一体两翼”的基本格局^[1],即从南津关以下到二江泄水闸的长江主泓为“一体”,两侧航道为“两翼”;在接近二江泄水闸的部位,其两侧为大、二江电站的引水渠,则为第二个“两翼”。这种布置将所有过水建筑物连成一个整体,使之符合河流发展规律,充分发挥枢纽的综合效益,如图 0-1 所示。这个布置要挖去原葛洲坝小岛,以增加挡水前缘,增加二江泄水闸布置宽度,使主流比较平顺、流畅,更好地顺应河势;二江泄水闸布置加宽以后,总泄量可以增加,截流水头得以降低,有利于导、截流;挡水前缘的增加还使二江电站可以多装机组,有利于早发电、多发电。泄水闸的分散布置既有利于泄洪排沙,又为航道准备了冲沙手段。航道分居两侧可以形成独立航道,不受其他过水建筑物的干扰,较易满足通航要求的条件,对航运有利。挖去葛洲坝小岛,失去截流基地是其缺点,但可从填平纵向围堰与一期围堰间的空当得到补偿。又如坝区泥沙问题,经过水文观测,野外调查,泥沙模型试验,对本河段以往治沙经验的调查总结,结合工程实际,确定了以排为主、导排结合的方针,利用泄水建筑物作为排沙手段,并按照各建筑物的具体特点,设置拦、导沙建筑物和辅助清淤设施。对于航道泥沙淤积问题,利用大、三江冲沙闸来冲沙,并设置大、三江防淤堤以束水攻沙;设防淤堤虽因形成静水航道,导致异重流淤积,但可破除船闸前回流,改善通航水流条件并减少回流淤积,而形成的异重流淤积可在冲沙时基本被冲走;上游边滩部位冲沙流速较小,可用松动冲沙法或机械来清除,冲沙后残留的碍航淤积物再辅以清淤机械清除。对于电站泥沙问题,首先,为减少粗沙过机,可根据大江冲沙闸在大流量时要参加泄洪以及大流量时卵石才输移出峡的特点,利用弯道环流及南津关口水下横梁挑导底流作用,适时启用大江冲沙闸将粗砂卵石排走,使进入二江的泥沙较细较少;在二江电站前设置导沙

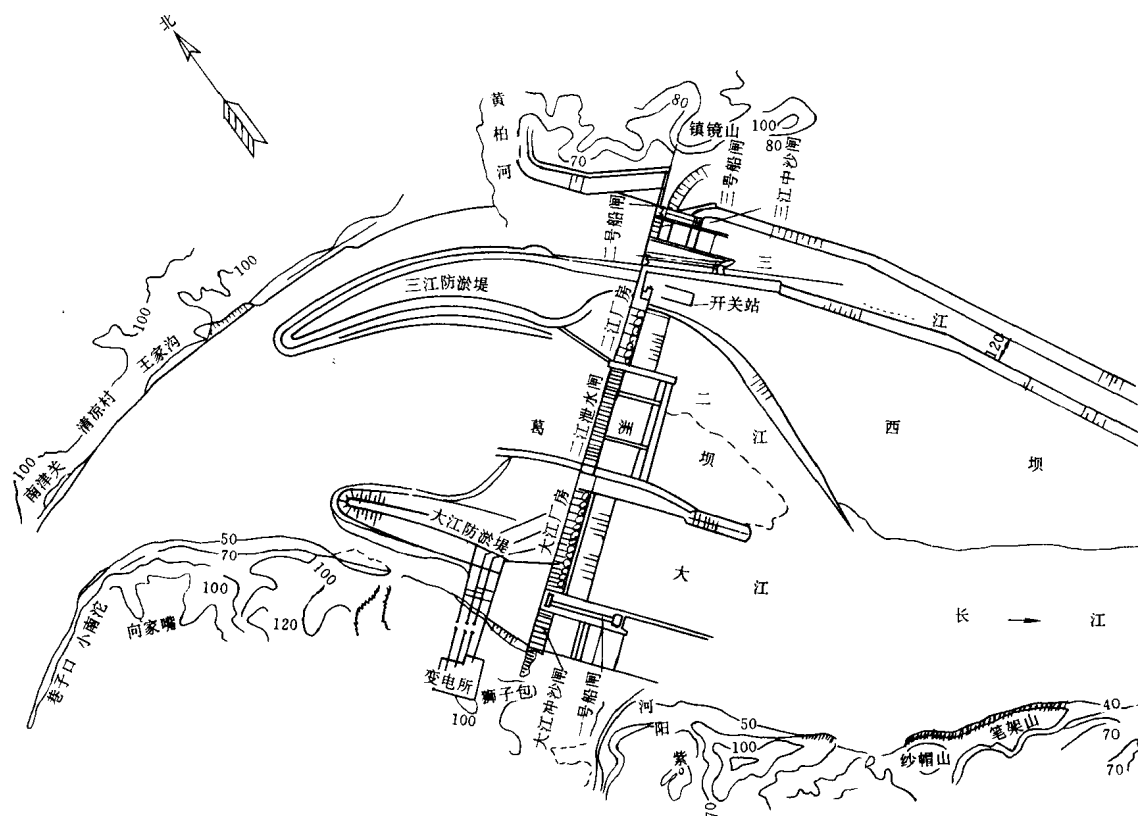


图 0-1 葛洲坝工程枢纽布置图

坎，在大江电站前保留纵向围堰的混凝土基座，并将上游横向围堰残埂加以铺护，组成拦、导沙建筑物，同时调整大、三江防淤堤的轮廓形状，筑成流线形，配合拦、导沙建筑物导引二江底沙向二江泄水闸排走，使越过拦、导沙建筑物进入厂前的泥沙进一走减少变细；在电站进水口下设排沙底孔来排泄厂前底沙，二江电站小机每机设底孔 1 个，大机及大江电站每机设底孔 2 个，并在大江右安装场下增设 2 个排沙洞，以加强凸岸特别是其右侧的排沙能力，从而使过机泥沙经过多次分排后，可以较细较少。此外，机组的过流部件选用了耐磨材料，并加涂料保护，以最大限度地减轻泥沙磨损。其次，为防止电站进水口被泥沙淤堵，利用弃渣扩大大、三江防淤堤根部，使之预占厂前回流淤积区，并调整其周边轮廓，使厂前水流平顺通畅地进入机组，以消除回流淤积，防止进水口的淤堵。当停机检修或其他原因导致进水口淤积时，还可开启排沙底孔拉沙，以保证进水口的通畅。第三，为减少尾渠泥沙淤积所导致的尾水位抬高、影响发电水头，在挖除西坝突嘴难以实现的情况下，对二江电站采用修顺左岸岸坡的办法，使尾水提早转弯，顺畅下泄；对于大江电站，针对二江出水折冲大江电厂尾水，导致出流不畅壅高尾水位，且增加尾渠淤积的情况，保留下游纵向围堰，并接做一段导流堤，导引二江出流偏左；同时顺应尾渠基岩形态，将尾渠底整

理成左高右低,这样既可减少挖方,又可引导尾水偏右下泄,从而尽量削弱二江折冲水流的不利影响,使尾水下泄比较顺畅,减少尾渠淤积。此外,在大江冲沙闸开闸冲沙时,同时运用大江电站排沙底孔和排沙洞泄水冲沙,既可防止航道冲出的泥沙扩散到尾渠,又可加强下游冲沙力量,减少尾渠淤积,从而保证机组正常运行。又如地基层间剪切带(泥化夹层)的处理和建筑物及其基础岩体的抗滑稳定问题,通过地面调查和使用1 m 直径钻机、小口径钻机、平硐、坑槽等勘探手段,采用钻孔彩色电视、物探综合测井,找出坝基下剪切带的层数与分布规律及其性状变化;使用X射线分析、差热分析、偏光显微镜、电子显微镜、扫描电子显微镜,鉴定它的矿物组成与微观结构,以了解它们的水理、物理、化学、力学性质;在现场做了大型(辐射流、平行流法)的渗流破坏试验,以了解剪切带的渗透稳定性,确定不同类型剪切带的渗透破坏比降,又对剪切带在长期渗压水作用下的演变趋势做了系统的专门试验研究,并进行了野外与室内的沉积相研究,经过从建造到改造、从宏观到微观、从定性到定量、从现状到未来这四个方面的深入研究,查清了剪切带的空间分布规律及工程地质特征。此外,对抗力体进行了大型试样的剪切破坏试验,从而根据各建筑物地基的具体情况,分别对比研究了各种可能抗滑措施,根据各建筑物的具体情况,确定对浅层性状差的夹层予以挖除,如三号船闸桥墩段右边墩挖除[#]308夹层。对较深的夹层采用防渗板、混凝土齿墙、尾岩抗力和加强防渗排水等综合措施,如对二江泄水闸左部1~12闸孔采用抗力体,其中1~6闸孔的抗力体有多向裂隙切割,还加设钢筋混凝土加固桩;而右部13~27闸孔的地质条件较好,只用混凝土齿墙阻滑和加强防渗排水;船闸则一般只采用抗力体,局部加齿墙阻滑以解决抗滑稳定问题。又如二江泄水闸的消能防冲问题,经过调查研究、方案对比、室内水工模型反复试验,对抗冲耐磨层的材料还在有关工程进行现场冲磨对比试验,从而确定采取平底闸闸型,上扉平板门、下扉弧形门双扉闸门门型,弧形门支铰用大吨位预应力高强钢丝束锚固。闸下设两道隔墙形成3个区,以便分区泄水;用一级消力池水跃消能,下接水平护固段与防淘墙,其后以带加糙墩海漫与尾渠相接;闸上游设防冲板防冲,过流面设抗冲耐磨层,护坦还采取大面积封闭式抽排方案。该综合方案既可确保安全运行,且运转灵活,可适应长江来水、来沙复杂多变及电站调度的各种要求,还可提高护坦单宽流量,减少挡水前缘,满足枢纽布置的要求,而且综合造价又较低。同样,船闸水力学问题也是经过调查研究、方案对比、反复试验,决定采用底部长廊道分区段均匀出水原则,但具体运用又视各船闸的具体条件,采用了不同方式。如三号船闸尺寸较小,采用二区段出水盖板消能,二号船闸尺寸较大而建基面较高,采用三区段出水明沟消能,一号船闸不但尺寸大,且建基面低,则采用四区段出水盖板消能,以为三峡船闸做试验,该类方案收到了运用安全可靠、输水时间短的效果。此外,对于船闸的结构,经过研究认为分离式结构虽使混凝土工程量略有增加,但钢筋用量较少,且施工方便,适于当时的工地实际条件,因此一般采用分离式重力式混凝土结构;但二号船闸下闸首邻近三江冲沙闸下游的冲刷范围,且基岩性质较差,闸首结构不仅有稳定要求,而且还要严格控制变形,以保证门孔尺寸达34 m×34 m的人字形闸门的正常运行,确定二号船闸下闸首采用整体式钢筋混凝土结构。同理,坝顶交通在通过船闸处,也因大、三江具体情况不同而采用不同方式。如三江需要通行火车,要设公路、铁路两用直通桥梁,因此采用活动桥方案,在二、三号船闸上闸首通过;而大江电站与右岸仅通公路,可以沿闸室墙绕行,因此采用

在一号船闸下闸首设固定桥的方案，使车辆过坝和船只过闸互不干扰。上述有关解决复杂技术问题的具体情节，本丛书的第一分册已对枢纽布置、泄水闸及水电站厂房部分做了详细介绍，有关通航建筑物的部分安排在本分册做具体介绍。