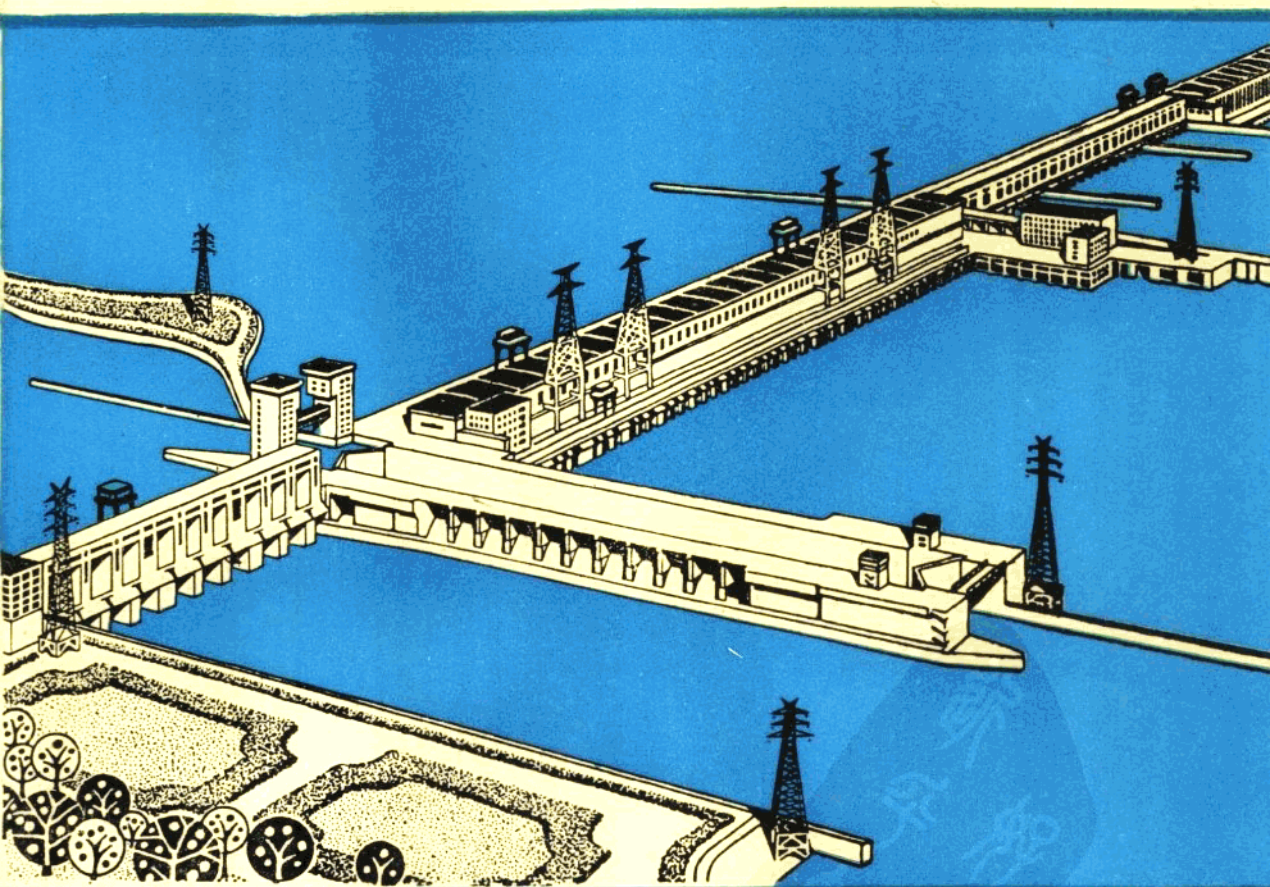


运行与管理

葛洲坝水力发电厂 贾鹤泉 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

14

运行与管理

葛洲坝水力发电厂 贾鹤泉 主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书为葛洲坝工程丛书第十四分册。全书分十部分介绍葛洲坝水力发电厂运行管理的情况。即：枢纽运行管理概论；水库的控制与运用；大坝监测与维修；坝区泥沙运动；金属结构及启闭机的运用；机组运行与优化；电气一次设备的运行与检修；电气二次设备的运行与改造；通风及空调系统的运行与改进；电厂通讯系统的运行与改造。

本书资料详实，列举大量案例及处理方法，有较强的参考价值。可供从事水利水电、水运工程、电厂等工作的设计、施工、运行管理、教学人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

运行与管理/贾鹤泉主编. —北京：中国水利水电出版社，1997

(葛洲坝工程丛书；14)

ISBN 7-80124-564-4

I. 运… II. 贾… III. ①水利枢纽-电力系统运行-中国-湖北, 葛洲坝
②水利枢纽-管理-中国-湖北, 葛洲坝 IV. TV632.63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 21560 号

书 名	葛洲坝工程丛书 14 运 行 与 管 理
作 者	葛洲坝水力发电厂 贾鹤泉 主编
出版、发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044)
经 售	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 19.25 印张 445 千字 1 插页
版 次	1998 年 6 月第一版 1998 年 6 月北京第一次印刷
印 数	0001—2000 册
定 价	33.00 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	李鹗鼎
沈维义	陈赓仪	杨 溢	金 炎
罗其华	周 坦	岳荣寿	钟梓辉
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

董士鏞 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)

《运行与管理》编审者名单

主 编 贾鹤泉

主 审 沈维义 刘利人

各 章 编 撰 人

第一章 贾鹤泉 刘晓东

第二章 贾鹤泉 李学贵 刘晓东

第三章 刘晓东 贾鹤泉

第四章 彭君山

第五章 刘晓东

第六章 卢进玉

第七章 李俊瀛

第八章 程永权 顾宏进

第九章 林太举 王守良

第十章 杨少达

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年末经毛泽东主席批准开始兴建,主要是为解决华中、华东地区缺电问题,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”。

在技术委员会的领导下,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

长江葛洲坝水利枢纽工程自 1981 年一期工程投入运行以来, 已有 10 多个年头, 二期工程竣工投产也已有 5 年多了, 其巨大的发电和通航效益, 以及显著的社会效益早已人所共知。枢纽在经历了特大洪水(入库洪峰流量 $72000 \text{ m}^3/\text{s}$) 和其他各种复杂运行工况后, 依然安全地耸立在举世闻名的长江之上。这固然是设计、科研、施工和制造安装等单位的广大水电工作者的努力和伟大功勋, 但也离不开作为运行管理单位的葛洲坝水力发电厂全体员工的科学管理、精心运用、认真维修, 以及依靠科技进步所进行的一系列优化和改造工作。

回顾 10 多年来葛洲坝水利枢纽工程运行管理的历程, 可以雄辩地说明, 这一闻名全国的水利枢纽工程的建设是成功的, 细致周密的规划设计是优秀合理的, 快速精心的土建施工和机电安装质量是优良的, 认真有效的运行管理保证了枢纽工程效益的充分发挥。本书就是依据枢纽运行管理的实践进行编写的, 它是葛洲坝工程丛书的第十四分册。现将编写工作的有关问题说明如下:

(1) 本分册实际上是对葛洲坝水利工程的后评估。根据“丛书”编委会的要求, 既不能将它写成运行管理工作的总结, 又不能写成平铺直叙的教科书。这也正是我们这些长期从事水电站运行管理实践的人编写此书的难点所在。为此, 我们要求每位撰稿人一定要以枢纽建筑物和机电设备的实际运行状况, 以及它们在运行过程中发现和发生的问题及其维护检修、优化改造和科学研究为依据, 力求做到不只是对上述情况的真实描述, 而且还要着重通过上述实践论述深化了的认识, 从而对枢纽工程的各个组成部分进行有理有据和恰如其份的评价。

(2) 为本分册撰稿的同志几乎都是从工程施工和设备安装的质量检查开始到正常运行管理阶段的人员, 他们都十分熟悉各自所管的土建设施和机电设备。但由于专业分工过细, 所以在撰写过程中如何处理和协调好各专业的深度和广度这个问题便是一个值得注意的事情。为此, 我们要求每位撰稿人力求着眼于葛洲坝水利枢纽生产运行和经营管理的完整性和系统性, 而不拘泥于各专业分工的个别性和分散性, 以便使读者对葛洲坝水利枢纽的运行管理工作有一个全面的了解。

(3) 由于这一分册的内容涉及的知识领域极其广泛, 而且这些知识又不是一人或几个人能全面掌握的, 所以在编写过程中我们组织了各专业的具体工作人员, 由他们广泛收集素材编写草稿, 然后由 1~2 人修编成初稿, 经分别征求意见后, 再由 1 人修改统稿成书, 因而它实际上是一个集体合作的产物。

在繁忙的运行管理工作中为本书提供素材的有李佳才、唐继英、滕云雄、汪大贵、刘振荣、李品然、张诚、毕亚雄、毕为民、夏柴清、赵锡锦等, 刘利人、林太举、鲁洁根等对有关章节进行了审阅, 沈维义先生对全书做了认真的审查, 在此向他们表示热忱的感谢和崇高的敬意。

举世闻名的三峡水电工程业已全面展开施工准备，一座世界上最大的水电站即将诞生，愿这本书能在“管好葛洲坝，进军大三峡”的伟大事业中发挥应有的作用。

由于编者学疏才浅，书中差错谬误和管窥之处在所难免，敬请不吝指正。

编 者

1994年2月28日于葛洲坝

目 录

序

前言

编者的话

第一章 枢纽运行管理概论	1
第一节 枢纽及其运行.....	1
第二节 枢纽的综合效益.....	9
第三节 枢纽的管理体制.....	14
第四节 电厂的筹建和管理.....	16
第二章 水库的控制与运用	21
第一节 气象与水文预报.....	21
第二节 水库的洪水调度.....	28
第三节 电厂的优化运行.....	37
第四节 电厂的调峰问题.....	44
第五节 水库控制运用自动化.....	47
第三章 大坝的监测与维修	60
第一节 大坝安全监测概要.....	60
第二节 二江泄水闸检修.....	74
第三节 大坝基础及其检修.....	83
第四节 导排漂与清污问题.....	98
第四章 坝区泥沙运动	104
第一节 坝区河势的控制及演变.....	104
第二节 航道泥沙淤积和泄洪冲沙.....	118
第三节 电厂泥沙情况和初步认识.....	134
第四节 二江泄水闸过闸泥沙及磨损.....	141
第五章 金属结构及启闭机的运用与监控	146
第一节 金属结构布置概况.....	146
第二节 金属结构的运行管理.....	151
第三节 二江泄水闸自动监控系统.....	159
第六章 机组运行与优化	165
第一节 电厂的基本情况.....	165
第二节 水轮机运行与改造.....	168
第三节 发电机(机械部分)运行与改造.....	177
第四节 调速器(机械部分)运行与改造.....	180

第五节 推力瓦烧损及处理.....	185
第六节 受油器浮动瓦改造.....	189
第七节 水轮机磨蚀与防护.....	193
第八节 相对效率测试系统.....	197
第七章 电气一次设备的运行与检修.....	205
第一节 一次设备的基本情况.....	205
第二节 电气主结线及其运行.....	206
第三节 发电机(电气部分)的运行与检修.....	208
第四节 13.8 kV 及以下电气一次设备的运行与维护.....	212
第五节 220 kV 变电站的运行与局部改造	216
第六节 500 kV 变电站的运行与设备优化	225
第八章 电气二次设备的运行与改造.....	243
第一节 继电保护及自动装置的运行与改造.....	243
第二节 调速器(电气部分)的运行与改造.....	257
第三节 励磁系统的运行与改造.....	265
第四节 电厂计算机综合自动化.....	272
第九章 通风及空调系统的运行与改进.....	286
第一节 系统的特点与效果.....	286
第二节 系统的问题与改进.....	288
第十章 电厂通信系统的运行与改造.....	290
第一节 通信系统及其运行.....	290
第二节 系统的问题与改进.....	294

第一章 枢纽运行管理概论

第一节 枢纽及其运行

葛洲坝水利枢纽位于湖北宜昌长江西陵峡出口南津关下游 2.3 km 处,是我国在长江干流上兴建的第一座大型水利水电工程,坝址距上游拟建的三峡大坝约 40 km。在整个长江流域规划中,葛洲坝是三峡水库的反调节和航运梯级。枢纽主体建筑物包括:两座发电厂(大江电厂和二江电厂);三座船闸(大江 1 号船闸和三江 2 号、3 号船闸);三个泄洪冲沙闸(二江泄水闸和大江、三江冲沙闸);其他挡水坝段(左岸土石坝、黄草坝混凝土坝、右岸混凝土坝);以及上游防淤堤、引航道,下游隔流堤、护坡、航道等。配送电建筑物主要包括二江 220 kV 开关站,大江 500 kV 开关站等。

一、枢纽概况和建设情况

枢纽坝址以上控制流域面积约 100 万 km²,占整个长江流域面积的 55%。多年平均流量 14300 m³/s,库容 15.8 亿 m³,设计洪水流量为 86000 m³/s;校核洪水流量 110000 m³/s,设计正常水位为 66 m,校核洪水位 67 m,坝顶高程 70 m。大坝主体建筑物在布置上采用“一体两翼”的形式,以二江泄水闸为中心,电厂、船闸、冲沙闸依次向两侧展开,坝轴线长 2606.5 m。枢纽总布置图见图 1-1,技术经济指标见表 1-1。主要建筑物的结构形式与设计参数见表 1-2。

表 1-1 枢纽主要技术经济指标统计

项 目	单 位	指 标	项 目	单 位	指 标
坝址以上控制流域面积	万 km ²	100	总 库 容	亿 m ³	15.8
设计洪水流量	m ³ /s	86000	电站装机容量	MW	2715
校核洪水流量	m ³ /s	110000	多年平均发电量	亿 kW·h	153(按上游水位 66 m)
设计水位	m	66	年单向通航能力	万 t	近期 2000;远期 5000
校核水位	m	67	主体工程混凝土量	万 m ³	1042
坝址多年平均流量	m ³ /s	14300	土石方开挖	万 m ³	5799
多年平均径流量	亿 m ³	4530	土石方回填	万 m ³	3080
实测最枯流量	m ³ /s	2770	金属结构安装	万 t	7.38
多年平均含沙量	kg/m ³	1.19(非汛期);1.47(汛期)	总 投 资	亿元	48.48(按 1984 年审定价)
多年平均悬移质输沙量	亿 t	5.26			

工程分两期施工。一期工程包括二、三江的各建筑物,1970 年底开工,由于许多重大技术问题未能得到妥善解决,1972 年主体工程被迫停工,重新修改设计。1974 年底复工,到 1981 年 1 月 4 日大江截流,同年 5 月 23 日二江泄水闸下闸蓄水。6 月 5 日库水位蓄至 60 m 高程,6 月 27 日三江航道正式通航,7 月 31 日二江电厂第一台 170 MW 机组并网发电,10 月 13 日三江冲沙闸第一次冲沙,至此,葛洲坝一期工程开始发挥通航发电效益。

二期工程从 1981 年下半年开始施工,包括大江各建筑物及二江电厂部分机组等。1986

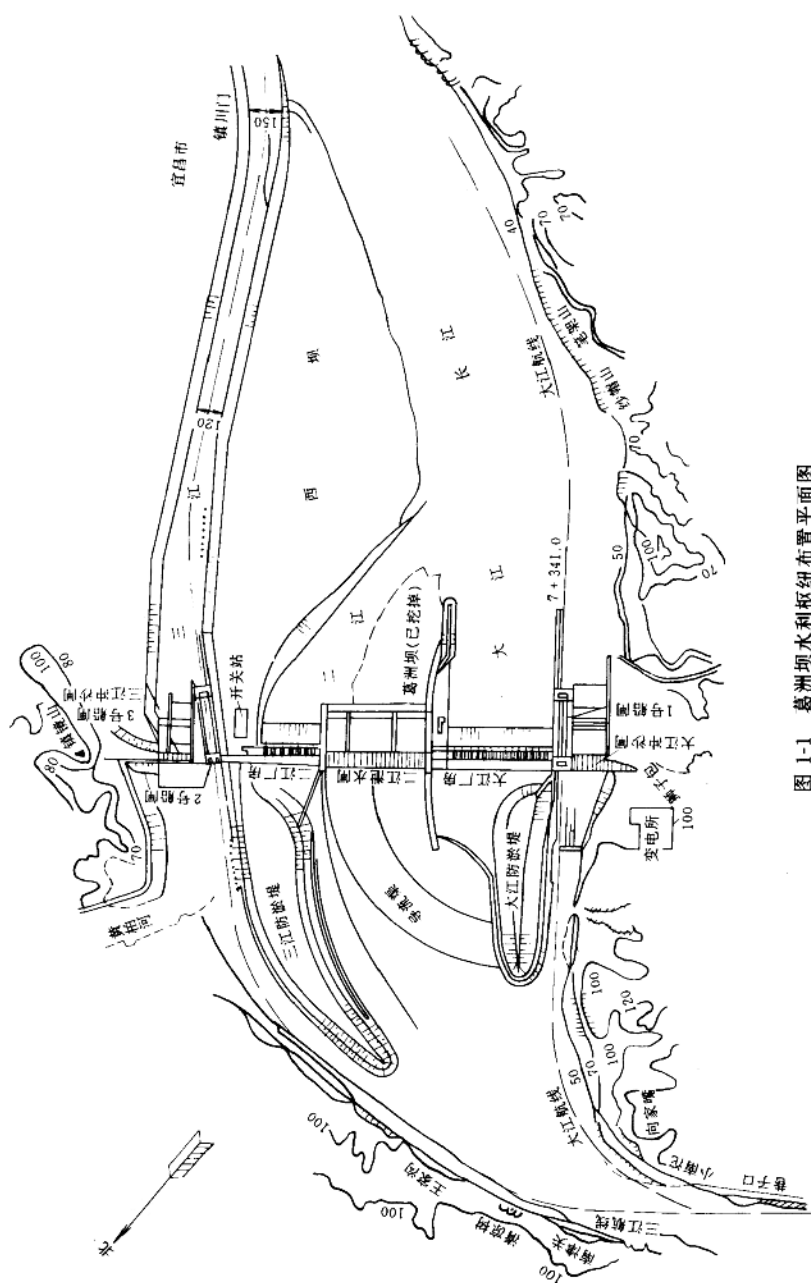


表 1-2

枢纽主要建筑物特性与设计参数

分 类	建 筑 物 型 式	主 要 结 构			参 数						
分 项	挡水前沿长度(m)	设计最大水头(m)	闸室有效尺寸(m×m)	坝顶高程(m)	坝上水深(m)	闸室输水系统型式	充泄水时间(min)	上游正常通航水位(m)	下游检修水位(m)	通过船舶吨位(t)	船舶过闸时间(min)
船 闸 建 筑 物	1 号	86.2	27	280×34 (长×宽)	上闸首 57.0 下闸首 33.5	上闸首 6.0 下闸首 5.0	纵横支廊道	12~15	63~66	12000 t 大型船队	51~57
	2 号	74.47	27	280×34 (长×宽)	上闸首 55.0 下闸首 34.0	上闸首 5.0 下闸首 5.0	纵横支廊道	12~15	63~66	12000 t 大型船队	51~57
	3 号	49.0	27	128×18 (长×宽)	上闸首 56.5 下闸首 34.3	上闸首 3.5 下闸首 4.7	简单等模式	7.8~8.7	63~66	3000 t 以下客货轮	40
电 厂 建 筑 物	厂房型式	挡水前沿长度(m)	装机容量(MW)	电厂设计水头(m)	运行水头范围(m)	水轮机型号	发电机型号	输电电压等级(kV)	设置排沙底孔数量	排漂孔及位置	机组台数
二 江	河床式	327	965	18.6	27~8.3	ZZ560— LH1130(大机)	TS1760/200 —100(大机)	220	大机每台 2 个, 小机每台 1 个, 共 9 个	二江厂闸 导墙共 1 个	2 台大机 5 台小机
大 江	河床式	582.2	1850	18.6	27~8.3	ZZ500— LH1020(小机)	TS1560/200 —96(小机)	500	每台机 2 个, 共 28 个	大江右安 段共 2 个	14 台小机
泄 水 冲 沙 建 筑 物	闸 型	挡水前沿长度(m)	闸门型式	孔 数(孔)	闸孔口尺寸(m)	闸室底板高程(m)	闸室长度(m)	最大泄流(m ³ /s)	3 孔一闸段 分左中右区 及分段	下游消能防冲	一般参与 泄洪方式
二 泄	开敞式 平底闸	550.0	上层平板门 下层弧形门	27	12×24 (宽×高)	37.0	65	83900	3 孔一闸段 分左中右区	消力池、防冲 防淘海漫	正常泄洪
大 冲	大孔口 平底闸	166.8	弧形门	9	12×19.5 (宽×高)	41.5	57.5	20000	3 孔一闸段	三级消能	$Q_A \geq 35000$ m ³ /s 开启
三 冲	大孔口 平底闸	108.0	弧形门	6	12×10.5 (宽×高)	43.0	58.0	10500	整体式结构	三级消能	$Q_A \geq 60000$ m ³ /s 开启
重 力 坝 段	左岸土石坝	粘土心墙坝									
三 江 非 溢 流 坝 段	混凝土重力坝	挡水前沿长 66.96 m									
黄 草 坝 溢 流 坝 段	混凝土心墙坝	挡水前沿长 168.0 m									
右 岸 溢 流 坝 段	混凝土重力坝	挡水前沿长 154.2 m									
220 kV 开关站	电压等级 220 kV	容量 115 万 kVA	7 回 220 kV 出线								
500 kV 开关站	电压等级 500 kV	容量 282 万 kVA	6 回 500 kV 出线								
500 kV 换流站	电压等级 500 kV	近期 600 MW, 远期 1200 MW	输电上海								

年初二期工程开始挡水，同年6月2日大江电厂第一台机组并网发电。1988年7月28日大江冲沙闸完成了按设计最大能力运行的过流冲沙试验，1988年9月1日进行了大江航道及1号船闸的通航试验，1988年12月6日大江电厂全部机组并网发电。至此，历时18年的葛洲坝水利枢纽工程基本完工。

枢纽的总工程量为：混凝土浇筑1042万 m^3 ，土石方开挖5799万 m^3 ，土石方回填3088万 m^3 ，金属结构安装7.38万t。枢纽工程的施工从1970年底开始到1988年底基本竣工，历时18年，实际工期16年。工程总投资48.48亿元。1985年国家验收委员会对一期工程进行了竣工验收，1991年12月二期工程也通过了验收，从而宣告工程胜利结束。

二、枢纽的初期运行情况

(一) 运行情况

葛洲坝枢纽工程投入运行至今已10年多了。10年来工程处于边建设边生产运行的条件下，在这种投入产出同时进行的过程中，葛洲坝工程发挥了巨大的经济效益。截止1991年12月31日，葛洲坝电厂累计发电量1076.52亿 $kW \cdot h$ ，按1980年不变价格计算的产值为56.8亿元，超过了工程总投资。从1981年7月二江电厂1号机并网发电到1988年12月大江电厂21号机投产发电，七年多时间里共安装投产了21台机组。1987年创年装机6台、总容量750 MW、单机安装调试33 d三个全国记录。各台机组并网发电的时间如表1-3。

表 1-3 机组启动、并网、投产时间表

机组	首次启动时间	首次并网时间	正式投产时间	机组	首次启动时间	首次并网时间	正式投产时间
1	—	1981.7.30	—	11	1986.11.22	1986.11.29	1986.12.11
2	1981.12.2	1981.12.15	1981.12.27	13	1987.4.3	1987.4.10	1987.6.11
3	1981.12.25	1981.12.31	1982.2.10	14	1987.6.19	1987.6.25	1987.7.9
4	1982.8.21	1982.8.28	1982.9.19	15	1987.9.15	1987.9.29	1987.10.5
5	1982.11.25	1982.12.3	1982.12.17	16	1987.8.28	1987.8.31	1987.9.11
6	1983.1.26	1983.2.1	1983.2.9	17	1987.12.18	1987.12.21	1987.12.28
7	1983.7.21	1983.7.29	1983.9.3	18	1987.12.27	1987.12.30	1988.1.5
8	1986.5.20	1986.5.31	1986.6.14	19	1988.10.25	1988.10.2	1988.11.3
9	1986.6.19	1986.6.25	1986.9.12	20	1988.6.9	1988.6.28	1988.7.4
10	1986.9.19	1986.9.29	1986.11.	21	1988.1.2	1988.12.6	1988.12.14

到1991年12月31日，葛洲坝船闸累计过船63.55万艘次，客运量2471.76万人次，货运量6331.83万t。随着施工的不断进展，三江航道封航流量逐年提高，大大减少了停航时间，提高了通航能力。封航流量各年的变化情况见表1-4。水库蓄水后改善了川江200 km三峡河道航运条件，淹没了巴东以下100 km范围内的急流险滩20多处，取消了单行航道和绞滩站9处，增加了回水段的航运安全度，降低区间航运成本达58%。1990年航运过闸量7.34万艘次，客运量296.8万人次，货运量873.4万t，创历年最高记录。三江航道的通航天数从1984年起平均每年都超过设计的320 d。

水库下闸蓄水后，在确保二期工程和大江围堰安全的前提下，根据水库和坝工建筑物的特点，采取了一系列水库优化调度的措施，尽可能使水库运行水位始终保持在各期控制水位的上限，最大限度地提高发电水头，为枢纽工程分期施工，保证枢纽的通航发电和冲