

QINGJIANG

GAOBAZHOU SHUIDIANZHAN

GONGCHENG JIANSHE JISHU WENJI

清江高坝洲水电站 工程建设技术文集

湖北省清江水电开发有限责任公司 编



黄河水利出版社

清江高坝洲水电站 工程建设技术文集

湖北省清江水电开发有限责任公司 编

黄河水利出版社

图书在版编目(CIP)数据

清江高坝洲水电站工程建设技术文集/湖北省清江水电
开发有限责任公司编. —郑州: 黄河水利出版社, 2004.12
ISBN 7-80621-860-2

I. 清… II. 湖… III. 水力发电站—建筑工程—
施工管理—湖北省—文集 IV. TV752.63-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 117088 号

出版社: 黄河水利出版社

地址: 河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码: 450003

发行单位: 黄河水利出版社

发行部电话及传真: 0371-6022620

E-mail: yrcp@public.zz.ha.cn

承印单位: 河南省瑞光印务股份有限公司

开本: 787 mm × 1 092 mm 1 / 16

印张: 23.75

字数: 580 千字

印数: 1—1 500

版次: 2004 年 12 月第 1 版

印次: 2004 年 12 月第 1 次印刷

书号: ISBN 7-80621-860-2/TV·381

定价: 48.00

《清江高坝洲水电站工程建设技术文集》

编辑委员会

顾 问 李焰云

主 任 汪金元

副主任 杨建明

委 员 吴启煌 左之礼 张桂初 曾祥虎

陈润发 闵 铁 彭安美 郭 寒

左晓润 汪功海 赵正洪 简家吉

刘元秀 刘定华

主 编 吴启煌

序

高坝洲在湖北。湖北西南部有一条叫清江的河流，清江干流自上而下布置有水布垭、隔河岩、高坝洲 3 个梯级电站。装机 184 万 kW 的水布垭在建，坝高 233 m，它是目前世界上最高的面板堆石坝；装机 121.2 万 kW 的隔河岩电站建成投用已逾 10 年，因在 1998 年长江抗洪的危急时刻发挥了关键作用而声名显赫；高坝洲水电站装机 25.2 万 kW，是清江干流最下游的一个梯级，年发电量 8.98 亿 kW·h，枢纽由混凝土重力坝、河床式电站厂房和通航建筑物组成，大坝全长 439.5 m，坝高 57 m，总库容 4.863 亿 m³。

很显然，高坝洲工程规模并不算大，但它却创造了国内同类型同规模水电工程工期最短的新记录。1996 年 10 月一期工程截流，1999 年 7 月首台机组具备发电条件，2000 年 4 月主体工程(除升船机外)完工，正式下闸蓄水。设计发电工期为 4 年，完工工期为 6 年，实际上分别只用了 3 年和 3 年半时间，甩掉了水电工程建设周期长的帽子。

从地质条件、坝型、坝高等技术参数看，这个工程都比较常规，建设过程中却大量开展科研与新技术应用，并取得良好效果。如对水轮机蜗壳结构型式研究中，首次采用预应力钢筋混凝土蜗壳，较好地适应了径流式电站上下游运行水头差 40 m 的结构要求。与传统钢衬钢筋混凝土蜗壳相比，既节省了投资，又缩短了直线工期，大大加快了进度。这项新技术填补了中水头钢筋混凝土蜗壳设计和施工的一项空白。又如二期坝体采用全断面 RCC 筑坝形式，既有利于坝体快速上升，又可省去原上游 RCC 过水围堰，并可提前一年实现正常蓄水发电，取得了显著的经济效益。

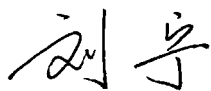
高坝洲工程建设期虽然不长，却凝聚着老中青几代人的心血。单从设计单位讲，长江水利委员会从 1958 年起就开始介入。建设过程中，业主、设计、施工、监理等有关方面精诚合作，同心协力。水利水电学界、业界也给予了足够的关切，先后有数十位院士亲临工地指导。我自己曾两次陪同张光

斗教授深入施工现场。专家、学者们的心愿只有一个：把高坝洲水电站建成一流工程。

高坝洲水电站已建成 4 年，并已顺利通过了枢纽工程竣工验收，获得了国家颁发的优秀设计金奖，至今，工程运行情况优良。现在，建设者又从总量过百万字的发表在各类刊物的论文中，选编了这本《清江高坝洲水电站工程建设技术文集》。应该说，这是一本具有一定学术价值的书籍，可我更看重的是它的实用性，它的启发、借鉴作用。我相信，对建设一个单项水电工程来说，它的实用价值当事者将会有比我更深的体会。

中国水坝数量已达 8.5 万多座，居世界第一，2001 年中国已超过美国，成为世界水电装机容量第一大国。但是，要成为名副其实的水电大国，不仅仅是水坝数量、装机数量，还有水电设计、施工等方面的技术和能力。这就需要众多建设者、实践者不断地研究、分析、总结，这也是人类社会进步与发展的一种必然要求。

作为一名水利水电技术工作者，希望更多地看到水利水电建设的座座丰碑，并愿意这方面的专家学者能用审视的目光来惠顾这一个曾经有许多人为之奋斗的工程，以励其志，再走向新的江河！



2004 年 9 月于北京

目 录

序

刘宁

第一部分 工程技术论文

I 建设管理

高坝洲水电站工程建设管理	汪金元 吴启煌(5)
抓住机遇 精心组织 把高坝洲水电站建成一流工程	李焰云(9)
高坝洲水电站一期工程建设管理回顾	李焰云 汪金元(16)
依靠科技进步 推动工程建设	吴启煌(21)
优化施工方案 缩短建设工期	林善祥 姜手虞(26)
高坝洲水利枢纽经济合理性分析	柳林云 安有贵 李文俊(29)
高坝洲水电站的开发效益	安有贵(34)
工期—效益优化法在高坝洲水电站工程中的应用	秦道先 刘定华(36)

II 勘测设计

高坝洲水电站设计概述	徐麟祥 陈麟灿(41)
高坝洲水利枢纽设计洪水	金蓉玲 郭海晋(44)
高坝洲水利枢纽综合利用规划	钟琦 安有贵 柳林云(48)
高坝洲水利枢纽电站厂房设计	刘晓刚(52)
高坝洲水利枢纽通航建筑物设计	邓越胜 刘小宁 杨金平(57)
高坝洲水利枢纽金属结构设计	李亚非 杨天清 史兵(60)
高坝洲水电站机电设计	高光华(64)
高坝洲水利枢纽一期工程施工导流设计	魏新柱 单俊方(68)
高坝洲水利枢纽泄洪消能建筑物设计	郭艳阳 金蕾(73)
清江高坝洲枢纽对外交通工程后高公路桥梁设计	张桂初(77)
高坝洲水电站厂房设计优化	刘晓刚 刘惟 丁钢(87)
高坝洲工程两岸防渗线路选择和帷幕灌浆优化设计	周和清 姚春雷 欧阳崇云(90)
高坝洲水电站水轮发电机组选型设计	陈冬波 陆师敏 宋木仿(94)
清江高坝洲垂直升船机方案比选	周贞(98)
高坝洲水电站弧形闸门设计和原型观测试验	李亚非 徐元发 何文娟等(102)
高坝洲水电站碾压混凝土纵向围堰拆除爆破设计与实践	刘晓军 杨树明 曾祥虎等(108)

III 科研与新技术应用

碾压混凝土在高坝洲水利枢纽中的应用	刘宁 陈勇伦	(117)
清江高坝洲工程左岸边坡开挖爆破试验研究	汪金元 曾祥虎 刘晓军	(121)
预应力钢筋混凝土蜗壳的结构研究与应用	吴启煌	(124)
高坝洲碾压混凝土大坝廊道设置研究	李昌彩	(129)
高坝洲工程 RCC 现场试验及其成果	曾祥虎 陈勇伦 李婧	(132)
高坝洲水利枢纽工程地质研究	徐瑞春 黄中平 段建肖	(137)
高坝洲水利枢纽水库渗漏封闭条件的论证	徐瑞春	(143)
高坝洲水利枢纽反调节库容研究及效益分析	安有贵 李文俊 陈永生	(147)
高坝洲砂石混凝土系统若干问题研究与处理	杨丹汉	(152)
高坝洲水利枢纽下游航道通航水流条件试验研究	毛新仪	(155)
高坝洲水利枢纽泄洪消能试验研究	毛新仪 金宝芬	(159)
高坝洲水利枢纽坝基渗流控制	周和清 杨启贵	(164)
高坝洲电站厂房、深孔坝段接缝灌浆、宽槽回填及温控措施研究	邓银启 姜手虞	(167)
景家桥承载力复核计算	秦道先	(169)
升船机工程 NL14 施工期结构计算	梁存绍	(176)
高坝洲升船机主机室 630 kN/2×100 kN 桥机主梁吊装时的水平力 及混凝土柱强度计算	刘定华 赵传明 梁存绍	(185)
高坝洲水电站大坝抗滑稳定分析	任正兰 金蕾 万学军	(190)
高坝洲工程基坑岩溶漏水通道堵漏灌浆技术	姚春雷 姜手虞 周和清等	(193)
高坝洲水利枢纽岩溶渗漏研究与工程检验	徐瑞春 王正波	(197)
钢岔管展开图的数解法	吴启煌	(204)

IV 工程施工

高坝洲水电站二期工程截流施工	王欣	(213)
高坝洲水电站碾压混凝土纵向围堰拆除爆破技术	吴启煌 刘定华	(216)
RCC 筑坝技术在高坝洲工程中的应用	吴启煌	(220)
清江高坝洲水电站 16 [#] 、17 [#] 坝段坝基楔形体的处理	吴启煌	(227)
高坝洲水电站混凝土蜗壳预应力锚索施工	邓银启 刘一军	(232)
高坝洲水利枢纽快速施工措施	陈勇伦 杨树明 曾祥虎	(236)
高坝洲水电站大坝横缝漏水的处理	张桂初 吴良洲	(239)
高坝洲水电站升船机下闸首检修门启闭机轨道钢梁的吊装	吴启煌	(243)
强透水短渗径缓倾角层面渗漏通道的有效堵漏	刘家祥	(248)
清江高坝洲水电站升船机工程混凝土施工	吴启煌	(253)
高坝洲升船机承船厢结构件的现场吊装	吴启煌 刘定华	(261)
高坝洲升船机下闸首工作大门门体的安装施工	吴启煌	(267)
高坝洲水电站主体工程的快速施工	林善祥 邓银启 姜手虞	(270)
高坝洲电厂 220 kV 开关站电流互感器故障的检修及更换	聂志立	(276)

高坝洲水电站机组上导瓦松动原因分析及处理	邢林喜 (280)
高坝洲水电站接地电阻计算与测量对比	许军 计绿野 高军华 (282)
高坝洲水电站水轮发电机组安装	王家强 (287)
高坝洲水电站 3 [#] 机组振动分析及处理	裴大雄 赵正洪 (290)

第二部分 工程建设概述

第一章 设计与施工概述	(295)
第一节 主要建筑物的设计标准和主要设计参数	(295)
第二节 枢纽建筑物型式及布置	(298)
第三节 大坝设计	(299)
第四节 电站厂房设计	(303)
第五节 施工布置与施工进度	(305)
第二章 土石方及基础	(307)
第一节 土石方及边坡保护工程	(307)
第二节 基础渗控工程	(308)
第三节 基础处理工程	(310)
第四节 洞室工程	(313)
第三章 混凝土工程	(317)
第一节 混凝土原材料	(317)
第二节 混凝土施工	(318)
第三节 混凝土施工质量	(322)
第四节 安全监测	(327)
第四章 金属结构	(330)
第一节 金属结构工程设计	(330)
第二节 金属结构设备制造	(331)
第三节 金属结构设备安装	(332)
第四节 金属结构设备制造、安装质量状况及缺陷处理	(334)
第五章 机电设备	(338)
第一节 概 述	(338)
第二节 水力机组及其辅助设备安装	(338)
第三节 电气设备安装	(342)
第四节 机电设备制造、安装	(345)
第五节 机电设备制造、安装及运行中出现的主要问题及其处理	(346)
第六章 升船机	(349)
第一节 概 述	(349)
第二节 土建工程设计	(349)
第三节 升船机设备	(351)
第四节 升船机运转程序及通过能力	(352)
第五节 设备采购和安装	(353)

第六节 施工组织及进度安排	(354)
第七章 建设管理与运行	(356)
第一节 建设管理	(356)
第二节 科研试验	(356)
第三节 其他建筑物与设施	(358)
第四节 工程运行	(359)
第五节 水库调度及其运行	(363)
附录 工程建设大事记	(367)
后记	(372)

第一部分 工程技术论文

I 建设管理

高坝洲水电站工程建设管理

汪金元 吴启煌

1 工程概况

湖北清江高坝洲水电站位于隔河岩枢纽下游 50 km 处,是清江干流最下游的一个梯级电站,距宜都市(长江口)12.0 km。

高坝洲水电站的主要任务是发电和航运。高坝洲水库作为隔河岩水利枢纽的反调节水库,能使隔河岩电站的调峰效益得以充分发挥,也有利于改善电网运行条件;同时,与隔河岩枢纽配套,改善了清江的水上交通条件。此外,高坝洲工程还兼有养殖、旅游等综合效益。

高坝洲水电站坝址控制流域面积 $15\,650\text{ km}^2$,占清江全流域面积的 92%,多年平均流量为 $436\text{ m}^3/\text{s}$,多年平均径流量 138 亿 m^3 ,枢纽设计蓄水位 80 m,防洪校核水位 82.90 m,总库容 4.863 亿 m^3 。坝高 57 m,坝顶高程 83 m,坝轴线全长 439.5 m。电站装机 3 台,总装机容量 252 MW,多年平均发电量 8.98 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$,年利用小时数为 3 560 h。右岸垂直升船机工程,可通航 300 t 级船只,设计年单向通过能力为 173.3 万 t。

2 前期工作

高坝洲水电站前期工作做得比较充分。从 1958 年起,原长江流域规划办公室就开始高坝洲水电站的规划选址工作;1991 年 7 月,湖北省人民政府和原能源部联合批复了高坝洲水电站可行性研究报告;1992 年 10 月,国家计委批复了高坝洲水电站可行性研究报告;1996 年底,高坝洲水电站工区的场内外公路、高坝洲大桥、供水、供电、供气、通讯、建设各方办公生活住房等“五通一平”及施工附属项目完工,前期准备工作全面就绪。1997 年 5 月,国家计委批准开工,并列入当年的基本建设计划。

3 建设管理

(1)管理体制。湖北清江水电开发有限责任公司(以下简称“清江公司”)全面负责清江流域梯级、滚动、综合开发流域性管理,湖北清江高坝洲工程建设公司(以下简称“高坝洲建设公司”)是清江公司领导下的项目建设单位(分公司),受清江公司的委托,全面负责高坝洲水电站的建设管理。

(2)管理职责。根据清江公司的授权和清江公司制定的“条块结合、以块为主、分级管理、责权统一”的管理办法,高坝洲建设公司的主要职责是:①在国家批准的规划和投资计划内,自主组织安排工程建设;②承担进度监理和投资监理任务,并委托清江监理有限公司承担质量监督;③负责签订和执行设计、土建、设备、安装、调试及生产准备合同,重大项目招标发包(主机、主体建筑安装、主要金属结构设备、升船机工程主设备)须经清江公司批准;④负责各设计阶段图纸的会审,并按合同要求催交设计图纸、设计说明和其他有关工程资料;⑤具体组织工程阶段性验收,并具体负责工程竣工验收的

准备工作；⑥按合同规定按时结算和支付工程进度款和预付款，具体办理水库淹没处理费及工程保险费，并按工程进度代扣代付各项税金及相关的费用；⑦负责施工安全和施工质量的管理工作；⑧全面负责建设、设计、施工、监理单位之间的协调工作。

(3)投资构成。高坝洲水电站由湖北省清江水电投资公司和国家电力公司华中分公司合资建设。工程动态总投资 30.76 亿元(不含电力外送工程投资)。其中资本金 6.16 亿元，占动态总投资的 20%，两家各占 50%。国家开发银行贷款 12.30 亿元，其债务由国电华中公司承担；其他资金由湖北省清江水电投资公司负责筹措。

4 工程进度

在全体建设者的共同努力和各有关方面的大力支持下，高坝洲水电站主体工程各阶段性目标相继按期或提前实现。1996 年 10 月 26 日，一期工程截流，同年底开始基坑开挖；1997 年 4 月 1 日，主体工程浇筑第一仓混凝土；1998 年 6 月 15 日，一期大坝全线达到设计高程 83 m；1998 年 10 月 26 日，二期工程截流；1999 年 6 月，实现初期蓄水，7 月底 1[#]机具备发电条件；1999 年 12 月 20 日、2000 年 2 月 18 日和 2000 年 7 月 3 日，分别完成了 1[#]机、2[#]机和 3[#]机的 72 h 试运行。

2000 年 4 月 30 日，正式下闸蓄水。至此，除升船机外，高坝洲水电站主体工程已全部完建。

5 经验与教训

清江水电梯级开发经过多年努力，建成了隔河岩水电站，创立了业主负责、建管结合、产权明晰、主体明确、流域开发、滚动发展的“清江体制”，在全国水电建设行业中产生了广泛的影响。高坝洲水电站的建设，标志着清江水电“流域、梯级、滚动、综合”开发进入实质性阶段，不仅能为全国水电路域梯级开发提供新的经验，同时对推动鄂西南经济快速发展将发挥重要作用。

在清江公司的正确领导下，高坝洲建设公司充分发挥“清江模式”的优势，吸取隔河岩水电站建设管理的经验，大胆探索、开拓进取，在建设实践中又积累了一些新的经验，走出了一条“速度快、质量好、投资省、环境美、管理水平高”的水电建设新路子。认真总结这些经验与教训是十分必要的。

5.1 高质量重视前期工作，重视设计审查工作

高坝洲水电站之所以能在三年半的时间内，完成除升船机工程外的主体工程建设，创造了国内同类型、同规模水电工程工期最短的新记录，与前期工作做得充分是密不可分的。

1992 年，高坝洲建设公司组建之后，就一心一意地抓前期工作。1994 年至 1995 年先后完成了主机制造招标设计、施工组织设计、主体建安招标设计、金属结构制造招标文件编制。到一期工程截流之前，所有的前期准备工作都已完成。

高坝洲水电站的设计单位是长江水利委员会设计院，该院人才济济，技术密集，经验丰富。几年来，建设单位一方面充分尊重设计单位的意见，遇事多与设计单位商量。另一方面，充分发挥自身技术干部的作用，认真开展设计审查、组织技术交底并及时反馈意见。对于设计审查中提出的问题以及建设单位、施工单位要求修改设计的意见，设计单位也十分重视，组织专家及时研究，对其可行的部分主动予以采纳。高坝洲水电站工程设计从总

体上讲是成功的，主要表现在以下五个方面：一是枢纽总体布置合理；二是主设备选型正确；三是施工组织设计切合实际；四是招标文件编制缜密；五是总概算比较准确。

5.2 加强投资控制，实行招标发包

高坝洲工程建设，大到主体建安工程和主机设备、金属结构制造，小到临时房建工程，除某些零星小项目外，都实行了招标发包。在招标前，认真编制招标文件(包括标书、标的、评标办法等)，并对投标单位的资质、业绩和经营状况进行了考察或调查。评标定标时，一是坚持按《中华人民共和国招标投标法》规范运作；二是坚持“公开、公平、公正”的原则，对所有的投标单位一视同仁；三是充分发挥专家的作用，严格按所有投标单位都认可的评标办法操作；四是用评标纪律来约束评标人员的言行；五是公证单位实行全过程的监督。这些做法，既维护了业主的经济利益，又使所有的投标单位心悦诚服。通过招标投标，择优选定施工单位和制造厂商，既保证了工程质量、加快了工程进度，也降低了工程造价。

5.3 加强进度控制，实行网络计划动态管理

高坝洲工程工期比较紧，一环紧扣一环。为此，我们采用了网络计划动态管理办法，即在科学编制工程建设网络计划的基础上，实行跟踪管理，根据现场情况的变化，及时分析调整施工重点、施工手段，始终保证计划目标的有效性。同时根据总进度计划编制年、季、月度建设计划，并督促承包单位层层分解、落实到基层单位。为搞好动态管理，采取了三条措施：一是成立项目责任组，加强现场技术服务和施工组织协调的力度；二是坚持每周开生产例会，每月开建设四方负责人联席会，不定期开四方总工联席会，及时分析检查工程进展情况，协调处理施工中的重大技术问题，布置下一阶段的工作；三是抓住季节，集中资源，组织阶段性施工大会战。

实行动态管理的成功实例很多，现只讲其中最突出的一个。1996年10月26日，一期工程截流，11月初，上、下游土石围堰防渗墙施工平台达到设计高程，冲击钻开钻。恰在此时，清江流域发生了百年一遇的特大秋汛，11月4日，隔河岩水库入库流量达到4300 m³/s，库水位迅速攀升，越过正常水位(200 m)，隔河岩水库逐渐加大出库流量，11月7日4时，高坝洲坝址流量达到4600 m³/s，远远超出导截流设计中与该时段对应的导流明渠的行洪能力(1000 m³/s)，高坝洲上游土石围堰的堰前水位高出防渗墙施工平台高程(48 m)。经过两天两夜的奋力抢救，保住了主要的施工机械，但围堰过洪，基坑泡水，工期损失一个月。面对如此严峻的局面，广大建设者没有灰心丧气，而是重整旗鼓，继续拼搏。高坝洲建设公司在洪水过后立即组织技术人员，在较短的时间内编制出新的施工网络计划。以后的实践表明，这个网络计划提出的“采取应急措施、修改施工方案、调整资源配置”等意见，是切合实际的。执行这个计划，不仅弥补了一个月的工期损失，也为1997年高坝洲工程的安全度汛打下了基础。

5.4 依靠科技进步，推动工程建设

科学技术是第一生产力，这在高坝洲工程建设中得到了充分的体现。高坝洲水电站虽属常规电站，但依然有许多复杂的技术问题需要解决，同样要依靠科技。为此，我们抓了以下四方面的工作：

(1)大力进行设计优化。几年来，我们立足工程实际，在优化设计方面做了大量工作。其中，最主要的项目有：取消二期上游RCC过水围堰，采用RCC筑坝技术修建高坝洲二期坝体；在国内首次采用预应力钢筋混凝土蜗壳结构，改善了蜗壳的受力条件；右岸防渗