

GEZHOUBA

SHUILI SHUNIU LUNWEN XUANJI

葛洲坝水利枢纽论文选集

——纪念葛洲坝水利枢纽通航发电 20 周年

长江水利委员会 编



黄河水利出版社

葛洲坝水利枢纽论文选集

——纪念葛洲坝水利枢纽通航发电 20 周年

长江水利委员会 编

黄河水利出版社

图书在版编目(CIP)数据

葛洲坝水利枢纽论文选集:纪念葛洲坝水利枢纽通航发电
20周年/长江水利委员会编. —郑州:黄河水利出版社,2002.5
ISBN 7-80621-551-4

I. 葛… II. 长… III. 长江-水利枢纽, 葛洲坝-水利工程-文集 IV. TV632.63-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 019695 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:yrp@public2.zz.ha.cn

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

印张:30.75

字数:720 千字

印数:1—1 000

版次:2002 年 5 月第 1 版

印次:2002 年 5 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80621-551-4/TV·265

定价:68.00 元

编委会及编辑成员名单

顾 问 文伏波 洪庆余

主任委员 蔡其华

副主任委员 郑守仁 潘天达 季昌化 郑允中

委 员 刘一是 洛叙六 董学晟 黄伯明

 杨国炜 金兴平 洪一平

主 编 徐麟祥

副 主 编 李常发 郭 玉 辜钢民

编 辑 辜钢民 陈启新 史启敏

序

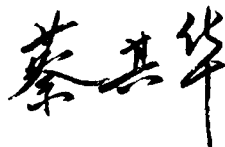
葛洲坝水利枢纽是我国在长江干流兴建的第一个综合利用工程。它以一流的设计和一流的质量,得到了国家有关部门的高度评价。大江截流、二江工程、大江工程和整个工程的设计先后获得国家优秀设计奖、金质奖、特等奖;大江截流工程被评为优质工程;二、三江工程和水电机组荣获首届国家科技进步特等奖。在 20 年的运行中,枢纽发挥了巨大的经济效益和社会效益。实践充分证明:兴建这一闻名中外的水利枢纽工程,决策正确,设计优秀,质量优良,运行有效。这一切,都记载着设计、科研、施工和设备制造、安装等单位广大水电工作者的巨大贡献,都展示着运行管理单位科学管理、精心维护的硕果。

葛洲坝水利枢纽除了自身巨大的效益外,还担负着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。它的成功建设和运行,为三峡工程的建设管理积累了宝贵的经验,也将我国水利水电工程技术水平推上了新的高度。

值此葛洲坝水利枢纽通航发电 20 周年之际,汇集出版长江水利委员会的专家、学者、工程技术人员的学术文章、专业论文,回顾、检验葛洲坝水利枢纽兴建过程中的关键技术问题,总结、研究 20 年来葛洲坝水利枢纽运行管理的经验,必将对长江水利水电事业产生深远的影响。

伟大的葛洲坝水利枢纽工程将永载史册!

水利部长江水利委员会主任



2002 年 3 月

前 言

葛洲坝工程已安全顺畅运行 20 周年了,回首往事,深感创业维艰。展望未来,其与三峡工程联合运行,充分发挥它的规模效益,持续利用,前景辉煌。

葛洲坝水利枢纽是三峡工程的航运梯级,用以渠化三峡大坝以下 37km 天然航道;反调节三峡电站日调节不稳定流,并利用两坝间河段落差发电。工程规划以后于三峡工程开工而同期建成为优。因种种原因,经中央批准葛洲坝工程于 20 世纪 70 年代先期开工建设,承担有计划、有步骤地为实施三峡工程建设作实战准备的任务。而今,三峡工程正在兴建,葛洲坝工程的设计、科研、施工、制造、运行管理经验,大多为三峡工程建设所利用、借鉴,其中通航建筑物、截流、围堰等利用借鉴尤多。

20 年的运行,葛洲坝工程发挥了巨大的经济效益和社会效益。它改善了长江三峡河段的航运条件,一改川江自古不夜航的历史,促进了西南地区的经济发展,开创了我国高水头大型船闸设计、施工、运用管理的新篇章。同时,它年发电量可达 157 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$,也为华中、华东地区的工农业发展作出了并将继续作出巨大贡献,推动了我国大型水轮机组设计制造安装、运行管理的突破性发展。这表明,我国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。

对照工程运管的现状,研讨控制工程建设和运用的关键技术问题,暨庆贺工程成功运行 20 年,无疑是这卷文集的立意和主题。这将促使葛洲坝工程运用的下一个 20 年乃至更多的 20 年能更充分地发挥效益,同时也为其他水利水电工程运管提供可资借鉴的经验。

工程的质量是工程的生命,工程的功能是工程的价值。葛洲坝工程于 1970 年经毛泽东主席批准兴建。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。工程开工后便遇到了一系列问题,其中也包括混凝土的浇筑质量问题。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。周恩来总理指出: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”。在国内有关设计、科研单位和高等院校的大力协作与努力下，1974年10月主体工程恢复施工；1981年初，大江截流成功，5月下旬蓄水，6月下旬三江航道的2、3号船闸通航，7月二江电厂第一台机组并网发电，整个工程经受住了当年出现的 $72\,000\text{m}^3/\text{s}$ 的大洪水考验。接着，1986年6月，500kV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。

设计是工程建设的灵魂，设计人员深入现场，理论联系实际，强调安全可靠，又强调创新，牢记周恩来总理教导的可靠、先进的方针。在葛洲坝工程中，我们既强调安全可靠，又强调创新，以林一山主任为首的长江委人打破常规加以创新，许多技术难题得以顺利解决，使葛洲坝顺利建成，且取得辉煌成就。愿长江委人这种风范，不断发扬光大。

葛洲坝水利枢纽是三峡工程的重要组成部分。举世瞩目的三峡工程施工工期长、项目多、工程量大、施工强度高；大量的金属结构和机电设备及其埋件安装与高强度的混凝土施工交叉平行作业，更增加了施工的复杂性。工程的质量受到党中央、国务院和全国人民的极大关注。朱镕基总理指出：三峡工程是“千年大计，国运所系”！参建四方本着对国家、对人民、对历史高度负责的态度，视把三峡工程建设成一流的工程、一流的质量作为自己的神圣职责，兢兢业业，一丝不苟，以确保水利水电工程的建设质量，充分发挥枢纽的效益，不辜负国家和人民的期望与重托！

如今，三峡工程建设已进入初期蓄水、发电、通航关键时刻，2002年11月即将实施三期截流，安全鉴定和工程验收工作正在逐项展开。这一切都是在紧密围绕着确保2003年初期蓄水、通航、发电的目标而进行的。

巍巍大坝，拦洪蓄水，安如磐石，高峡平湖，通航万里，水电银光，闪烁辉煌！

相信当葛洲坝、三峡工程合璧运行后一定会为国家和人民作出更大的贡献！

中国工程院院士
长江委技术委员会主任



2002年3月

葛洲坝水利枢纽通航发电 20 周年 科技成果交流会总结发言

中国工程院院士
郑守仁 中国水利学会副理事长
水利部长江水利委员会总工程师

各位领导、各位专家、各位代表：

由中国水利学会、中国电机工程学会、中国水力发电工程学会、中国长江三峡工程开发总公司、长江水利委员会联合主办、葛洲坝水力发电厂承办的“葛洲坝水利枢纽通航发电 20 周年科学技术成果交流会”，历时 2 天，经过全体与会代表的共同努力，今天已完成科技成果交流任务，明天大家要参观三峡工地和葛洲坝工程。我们这次会议是继 1991 年葛洲坝水利枢纽通航发电 10 周年时召开第三次科技成果会之后的又一次盛会，是葛洲坝工程第四次科技成果交流会。大会共收到论文 224 篇，有 13 位同志在大会上作了技术报告。这些论文和技术报告，全面反映了葛洲坝工程的科技成果，具有较高的技术水平。

受大会委托，请允许我对这次会议作简要的技术总结，不妥之处请批评指正。

一、葛洲坝工程的关键技术问题及其科技成果

1. 枢纽布置及泄洪消能问题

葛洲坝水利枢纽是我国在长江干流上修建的第一座枢纽工程。其枢纽布置经过反复分析研究和一系列水工模型、泥沙模型试验研究，采用“一体两翼”的枢纽布置方案，27 孔二江泄水闸居中为主体，两侧为二江电厂和大江电厂以及 2 号、3 号船闸，6 孔冲沙闸和大江 1 号船闸、9 孔冲沙闸对称形成两翼，三江防淤堤和大江防淤堤使三江、大江形成人工航道，两防淤堤之间形成二江主河槽。“一体两翼”的枢纽布置，从总体上解决了泄洪、排沙问题。二江泄水闸，以上游三江、大江防淤堤和下游左、右侧导墙为制导，配以导、排沙建筑物，承担枢纽的泄洪、排沙任务；而以大江、三江冲沙闸为辅，分别承担相应的泄洪排沙任务；并在大江、二江电站厂房设排沙底孔，以分担排泄各自的厂前泥沙。枢纽运行 20 年，葛洲坝水力发电厂按运行规程，精心调度，使各建筑物互相配合，形成全线泄洪排沙，达到枢纽泄洪、排沙的要求，保证了工程的安全和正常运行。两条航线、三座船闸的布局，采用“静水通航、动水冲沙”的基本措施，保证了长江航道畅通和水运事业的持续发展。葛洲坝工程经过施工和运行的检验，表明枢纽布置是合理的，为充分发展航运和发电效益创造了条件。

二江泄水闸设计最大泄流量 $84\ 000\text{m}^3/\text{s}$ ，占枢纽校核洪水 $110\ 000\text{m}^3/\text{s}$ 的 76%，是葛

洲坝枢纽的主要泄水建筑物,闸基为粘土质粉砂岩和砂岩互层,倾角 $4^{\circ}\sim 6^{\circ}$,微向下游倾斜,基岩内含有多层软弱夹层,地质条件复杂,成为葛洲坝工程的关键技术问题之一。通过大量科学试验研究和分析计算,泄水闸采用开敞式平底板闸型,上平下弧双层闸门,弧形闸门支承结构采用了大吨位墩头锚预应力拉锚措施;消力池采用二隔三区布置及按泄量分区调度,护坦结构采用封闭帷幕及排水。运行20年来,经历过 $72\ 000\text{m}^3/\text{s}$ 大洪水的考验,各项观测资料表明运行情况正常。封闭式抽排护坦已在国内其他工程中应用。

2. 工程泥沙问题

葛洲坝工程泥沙问题关系到长江航运畅通和枢纽正常发电,是工程建设中的重大技术问题。经过设计、运行单位和科研单位、高等院校共同努力,采用原型观测、泥沙数学模型计算和实体模型试验相结合的研究途径,对工程泥沙进行了系统的深入研究,取得大量的科技成果。葛洲坝水利枢纽20年的运行实践和大量原型观测资料证实,库区和坝区泥沙淤积的实际情况与科研成果的预计基本一致,实测值低于试验值。葛洲坝工程投入运行5年后,水库已接近悬移质的冲淤平衡阶段,库区的航道大多数险滩已消失,航运条件大大改善,未发生库区航道因泥沙淤积而碍航的情况。实践证明葛洲坝工程泥沙问题研究所采用的途径和方法是正确的,枢纽运行中进一步深化和发展了解决工程泥沙问题的技术措施。如大江和三江航道通过多年运行实践,逐步摸索总结提高冲沙效果。每年汛末,三江和大江航道各冲沙2~3次。三江航道在入库流量 $24\ 000\sim 25\ 000\text{m}^3/\text{s}$ 时,采用冲沙流量 $8\ 500\sim 9\ 000\text{m}^3/\text{s}$,冲沙历时8~12h;大江航道在入库流量 $24\ 000\sim 27\ 000\text{m}^3/\text{s}$,采用冲沙流量 $15\ 000\text{m}^3/\text{s}$,冲沙历时约50h。冲沙后,配合机械清淤,将未冲走的少量泥沙挖除,解决了航道泥沙淤积问题。大江及二江电站运行实践表明,两电站过水轮发电机的泥沙都是悬移质,未发现砾石、卵石过机。坝区含沙量是二江小,大江大,且愈靠右岸愈大。二江过机含沙量为宜昌断面平均值的0.93~0.97倍,18号机组为二江的1.23倍,过机泥沙粒径大小的分布与过机泥沙含量的分布成正比。上述情况,符合泥沙的运行规律,它与泥沙试验成果一致。机组检修情况也表明,愈靠右岸的机组,过流部件的磨蚀愈严重。葛洲坝水力发电厂采取了多项措施,包括对过流部件保护和改造,以及合理运用排沙底孔,大大减轻了部件的磨蚀,延长了其使用寿命和检修周期,保证了机组的稳定运行。运行实践表明,电站进口可以做到“门前清”,二江电站排沙底孔开启机率很少,进口前沿未出现累积性淤积。

3. 通航问题

葛洲坝工程通航建筑物是我国长江干流上修建的高水头船闸,需解决泥沙淤积与通航水流条件问题和船闸输水系统水力学问题。通过广泛吸取世界上类似工程的经验,并进行精心设计、实体模型试验和数学模型分析,精心施工,建成葛洲坝两座大型高水头(1号、2号)船闸和一座高水头中型(3号)船闸。经过20年运行实践检验证明,葛洲坝通航建筑物设计是成功的。通航水流条件较好地满足了船舶(队)航行的要求。三江航道设计最大通航流量 $60\ 000\text{m}^3/\text{s}$,实际通航流量已达 $55\ 000\text{m}^3/\text{s}$ 。为解决汛期引航道的泥沙淤积问题,采用在每年汛末开闸放水拉沙,配合在汛后少量挖泥的措施,航道能够保持船舶(队)通航的基本尺度,可维持通航建筑物的长期运行。大江航道处于河道凸岸,水沙条件复杂,最高通航流量为 $35\ 000\text{m}^3/\text{s}$ 。下游航道受二江泄水闸泄洪时折流的影响,在较大流

量时,下游航道的涌浪较大,下闸首的涌浪也较大,目前通航流量小于或等于 $25\ 000\text{m}^3/\text{s}$ 。已进行了大量补充试验研究,如有必要,可在大江厂房下游增设“江心堤”,使通航流量达到 $35\ 000\text{m}^3/\text{s}$ 。

葛洲坝船闸的设计水头高,有效尺寸大,要求的充、泄水的时间短,按设计规定为 12min ,船闸充泄水时输水系统的水流增量较大。船闸的水力学主要需要解决防止输水廊道阀门段发生空化、气蚀,满足闸室内船舶(队)的停泊条件的要求和防止船闸充、泄水产生的超灌、超泄影响人字门工作条件等问题。为解决高水头船闸水力条件,根据三座船闸的不同条件对主廊道阀门段的布置高程、阀门后廊道顶部体型、阀门顶部通气等防止空化的措施进行了深入研究。为保证船舶(队)在闸室的停泊条件,对1号、2号、3号船闸闸室出水廊道的布置,分别采用四区段纵向支廊道正向出水、三区段纵横向支廊道侧向出水和二区段纵向支廊道正向出水,并均在出水口加设置消能措施的三种型式。为防止超灌、超泄,主要采用适当提前关闭充、泄水阀门的措施。工程运行实践表明:阀门段水力学条件基本达到了防止空化的要求,但原设计的通气措施,不能随着船闸上、下游运行水位的变化稳定地进行自然通气,采用压缩空气通气的措施,在设备配套和运行管理等方面存在一些问题,未能完整实施并取得预期的效果。因此,在2号船闸充泄水过程中和1号船闸单边廊道充水时,有较大声振现象发生。原型观测发现,在某些水位情况下,廊道阀门后有空化现象发生,在3号船闸抽干检查时,甚至发现反向弧形门面板出现了局部蚀损。经进一步研究,改用在反向弧形门门楣处通气管口下方,设置挑流坎形成负压进行通气的装置,通过在阀门后提供稳定通气的条件,原来的声振现象基本消失,阀门顶部的强空化得到了充分抑制,明显改善了阀门后的水力学条件。关于闸室停泊条件,采用上述三种出水廊道布置型式,闸室充泄水时,三座船舶的缆绳拉力都符合设计标准,船舶(队)在闸室内随水位升降十分平稳,较好地满足了船舶(队)在闸室内安全停泊的要求。运行中发现船闸充、泄水时出现超灌、超泄情况,采用适当提前关闭充、泄水阀门,控制闸室超灌、超泄的措施,取得了十分明显的效果,采用这种简便易行的措施,通常可把闸室的超灌、超泄值控制在 15cm 以内。

葛洲坝船闸在运行过程中,由于加强了技术管理,使船闸运行效率逐步提高,单闸停航时间逐年减少,优化船舶调度,挖掘通航潜力,加强维护现场通航秩序,保障通航安全。

4. 机电设备

葛洲坝水电站是华中电网的主力电站,与之配套的 220kV 开关站和 500kV 开关站,是国内同类最大的开关站,同时,也是清江梯级水电站电力外送的中转站。电站装机 21 台,轴流转桨式机组,单机容量分别为 125MW 和 170MW ,设计装机容量 $2\ 715\text{MW}$,设计多年平均发电量 157 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$,设计水头 18.6m 。葛洲坝电站机组均由我国自行设计、制造。运行实践表明,水轮发电机组设计是成功的,制造质量是优良的。目前,哈尔滨电机厂有限责任公司、东方电机股份有限公司正针对葛洲坝电站水轮发电机组增容增效问题进行改造,进一步提高我国水轮发电机设计制造水平。西安变压器厂针对变压器(电抗器)进行改造,进一步提高我国大容量变压器(电抗器)设计制造水平。葛洲坝水力发电厂对电厂机电设备技术改造做了大量工作,取得丰硕成果,经济效益显著。南京南瑞公司配合葛洲坝水力发电厂对电站计算机监控系统进行了技术改造及设备更新,在应用及开

发方面取得突出的成果。

5. 大型水利枢纽工程建设及运行管理

葛洲坝水利枢纽工程的成功建设,提高了我国水工技术、工程泥沙防治、大型高水头船闸、大型机电设备设计、制造及运行方面的科学技术水平。经过 20 年的运行实践,证明葛洲坝工程施工质量优良,在运行管理过程中,对大型水利枢纽工程的综合调度运用,通航建筑物运行、水轮发电机组维护检修、超高压直流输电技术等方面进行了有益的探索,总结了一套运行管理经验,提高了我国大型水利水电工程运行管理水平。

二、枢纽运行管理取得明显成效

葛洲坝水利枢纽建筑物和设备,分别由葛洲坝水力发电厂和三峡通航管理局(原葛洲坝船闸管理局、航运管理局)管理。两单位分工合作,使葛洲坝工程既保证了安全运行,又充分发挥最大效益。

1. 健全各项规章制度,注意安全监测

在认真贯彻执行《枢纽运行管理规程》等国家和部颁的有关法规的基础上,制定了枢纽防洪调度、大坝安全监测、闸坝机电设备运行维护和大坝安全管理等一系列规章制度,各级管理人员以高度的主人翁精神,严格加以执行,精心操作,精心维护,确保建筑物和各种设备的安全运行。重视安全监测工作,从制度上、技术上保证观测数据的准确性和连续性,并及时对观测数据进行反馈分析,以判断建筑物的工作状态,为工程运行提供决策依据。

2. 加强科学技术研究,引进先进技术,进行技术改造

葛洲坝电厂在水文测报系统、安全监测自动化、机电设备控制自动化和达标升级方面,做了大量工作。现在,已实现弧门操作远程控制和电站运行无人值班、少人值守。在水轮机抗磨蚀方面取得成效。研制成功船闸人字门近坎冲淤装置、反弧门门楣通气装置等。这些,都大大提高了管理水平,提高了设备的可靠度,降低了维护检修工程量,延长了检修周期,取得了很高的经济效益。

3. 培养了一支过硬的技术队伍

经过 20 年的实践,现已形成了一支专业齐全、经验丰富的从事大型水利水电运行管理人才队伍。这批人员,已陆续输送到三峡工程,参加三峡工程的运行管理工作。

三、葛洲坝工程的综合效益

葛洲坝水利枢纽通航发电 20 年来,创造了巨大的经济效益和社会效益。

1. 发电效益巨大

葛洲坝水力发电厂精心调度、精心管理、积极革新挖潜,合理抬高水库水位,缩短检修工期,实行经济运行,充分利用允许库水位 $\pm 0.5\text{m}$ 变幅的库容,在条件许可的情况下参与系统调峰,最大限度地减少弃水损失电量。截至 2000 年 12 月 31 日,累计发电 2 483.14 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$,实现销售收入 129.00 亿元,缴纳利税 79.43 亿元,上缴三峡基金 35.22 亿元,现有总资产 65.91 亿元,所有者权益 49.19 亿元。全员劳动生产率等主要生产技术经济指标居全国同行业同类型企业前列。三峡电站建成后,葛洲坝电厂成为尾水反调节水库,

保证出力还将增加 400MW 左右。节煤效益和减轻煤炭运输压力的效益十分显著。

2. 产生了联网效益

葛洲坝电厂促进了华中电网的建设和形成。从 1989 年起,葛洲坝电厂的年发电量便占华中电网的 1/4 左右,成为华中电网举足轻重的特大型骨干电站。同时通过至上海 ±500kV 直流输电工程,直接向华东地区供电,首次实现我国华中、华东两大电网的联网,成为华中、华东两大电网的骨架和中枢,同时为清江隔河岩电站和将来的三峡巨型电站的西电东送任务打下基础。

3. 改善了川江航道

葛洲坝枢纽建成后,改善了长江川江最困难的一段——三峡峡谷航道条件,在宜昌至巴东长 120km 河段成为常年回水区,使三峡峡谷航道水面坡降降低,航道流速减小。“一进南津关,两眼泪不干”的千古天堑变成了“黄金水道”,为长江航运发展提供了有利条件。至 2000 年底,葛洲坝船闸累计通过客、货运量 6 026.8 万人次、16 852.6 万 t,年客、货运量是建坝前的 8 倍。

4. 促进了地方经济的发展

葛洲坝枢纽的兴建,全面促进了宜昌市的发展繁荣,使宜昌成为拥有 50 万人口的鄂西地区一座以水电为中心,工业、运输、旅游都较为发达的中等城市。

5. 葛洲坝枢纽在长江防洪中发挥了作用

1998 年 7、8 月份,长江中、下游出现持续的大洪水过程。为缓解下游的防洪压力,作为长江干流上目前惟一建成的水利枢纽——葛洲坝水利枢纽在大洪水过程中,在国家防总的统一布置和中国三峡总公司的领导下,首次承担削峰防洪的任务,于第 6、7、8 次洪峰调度中,成功地利用有限库容,拦削洪峰 2 000m³/s,为长江中、下游的防洪作出了贡献。

四、葛洲坝工程关键技术三峡工程的应用与发展

葛洲坝工程建成运行 20 年来的实践证明,工程设计先进合理,施工质量优良,主要机电设备制造质量优良。葛洲坝成功地解决了一系列复杂的科学技术难题,积累了多方面的经验。如工程河势规划和泥沙问题,复杂工程地质条件下的工程基础处理问题,大型泄水闸消能防冲问题,高水头大型船闸设计施工与管理问题,大型低水头水轮发电机组设计制造与运行管理问题,大型金属结构设计制造和安装问题,大流量截流及深水围堰设计及施工问题,混凝土高强度施工技术和大型水利水电工程施工管理问题。葛洲坝工程建设为兴建三峡工程做了实战准备,其关键技术三峡工程得到应用和发展。

1. 枢纽布置问题

三峡工程枢纽总体布置设计进行了大量分析和模型试验研究工作,并借鉴葛洲坝工程实践经验,综合考虑坝址自然条件和利于泄洪、排沙、通航、发电,以及便于导流、截流和提前发挥发电效益等因素,优选枢纽布置,将泄洪建筑物布置在河床中部,电站厂房分别布置在泄洪坝的左右两侧,泄洪深孔高程较两侧电站进水口低 20m,以利主泓泄洪排沙;在左、右岸电站厂房设排沙孔,可分别排泄各自厂前的泥沙;通航建筑物布置在左岸,远离大坝泄水建筑物和电站,较好地解决了通航建筑物与发电、防洪的关系和坝区泥沙淤积和与通航水流条件问题。

2. 高水头大型船闸关键技术问题

三峡工程通航建筑物设计按年单向下水货运量5 000万 t,客运量390万人次,其规模和尺度与葛洲坝工程通航建筑物相匹配:两线船闸的闸室有效尺寸与葛洲坝工程的1号、2号船闸相同,即 $280\text{m} \times 34\text{m} \times 5\text{m}$ (闸室有效长度 \times 有效宽度 \times 闸槛上最小水深);一级升船机承船厢有效尺寸与葛洲坝3号船闸相同,即 $120\text{m} \times 18\text{m} \times 3.5\text{m}$ (有效长度 \times 有效宽度 \times 厢内水深)。

三峡工程通航建筑物航道泥沙淤积的特点:水库运行初期泥沙淤积量较少,后期淤积量较大;一般年份淤积量比大水多沙年少,淤积主要发生在汛期,口门内淤积量比口门外少。三峡工程吸取了葛洲坝工程的实践经验,结合其实际条件,采用综合防淤、清淤措施,解决引航道泥沙淤积碍航问题。通过大坝泄洪深孔和电站冲沙孔,将坝前的大部分泥沙排往大坝下游;在上、下游引航道临江侧修建防淤隔流堤;将位于升船机右侧用于施工通航的临时船闸改建成冲沙闸,并辅以机械松动及降低下游水位进行冲沙;采用自航式高性能挖泥船挖除口门内外未冲出的淤沙;下阶段将进一步研究适当加大冲沙流量的可行性。

三峡双线五级船闸是当今世界水头最高、闸室及闸(阀)门最多、运行情况最复杂的船闸,其技术也较葛洲坝船闸复杂,设计、施工难度大,葛洲坝船闸设计基本理论、研究方法和工程经验,在三峡船闸建设中发挥重要作用。三峡船闸为防止阀门段空化,经过大量的分析研究及试验验证,采取以降低阀门段廊道高程、增大淹没水深、提高门后压力为基本措施,同时辅以门后廊道突扩体型、快速开启阀门及门楣设置负压板自然通气,可以防止发生空化。

三峡船闸大型人字门在总结葛洲坝船闸实践经验基础上,对人字闸门门体结构、材料等进行了多项技术革新,并充分考虑疲劳应力对结构的影响和对应措施。输水系统工作闸门参照葛洲坝船闸选用反向弧门,将其下游面板改用不锈钢复合钢板,以提高面板抗气蚀破坏的能力,延长使用寿命;在门楣及底坎设通气孔,以防止或减弱阀门面板及底缘的空化;阀门支铰采用自润滑轴承。

3. 大流量截流及深水围堰关键技术问题

三峡工程大江截流技术在葛洲坝工程经验上有较大的发展。截流最大水深60m,居世界首位,截流设计流量 $14\,000 \sim 19\,400\text{m}^3/\text{s}$,实际截流流量 $11\,600 \sim 8\,480\text{m}^3/\text{s}$,居世界截流之冠。截流龙口段设计和实际施工中,重视将水力学计算、水工模型试验、水文预报和原型水文观测工作紧密结合,互为补充,保证截流方案的合理性和可靠性,并有效地指导截流施工,创造了日抛投强度 $19.4\text{万}\text{m}^3$ 的世界纪录,确保截流龙口顺利合龙。

三峡深水围堰型式同葛洲坝大江围堰,采用两侧石渣块石堤及中部风化砂堰体,设二排混凝土防渗墙上接土工合成材料心墙方案。上游围堰最大高度82.5m,防渗墙最大高度74m,堰体填筑总量 $590\text{万}\text{m}^3$,防渗截水面积 $8.21\text{万}\text{m}^2$,拦蓄洪水量20亿 m^3 。成功地解决了堰基淤砂层的稳定问题,深水抛填风化砂中造孔槽壁稳定问题,复杂地基及深槽陡岩造孔成墙技术,防渗墙体材料及其墙底透水岩体帷幕灌浆技术等问题。表明我国水利水电工程截流及深水围堰设计施工技术已达到世界先进水平。

4. 大坝混凝土高强度施工技术

三峡工程初步设计混凝土总量达 $2\,794\text{万}\text{m}^3$,年最高浇筑强度410万 m^3 ,月最高浇

筑强度 46 万 m^3 , 均为当今世界之最。三峡主体建筑物与葛洲坝工程一样, 孔洞多, 结构复杂。大坝坝块尺寸大, 设计允许大坝基础混凝土最高温度较严, 混凝土温控防裂难度大。大坝混凝土施工选用以塔带机为主并辅以大型门塔机浇筑方案, 从常规的门塔机吊罐入仓浇筑改用混凝土从拌和楼出机口用胶带机输送经塔带机直接入仓浇筑。大坝混凝土浇筑设备布有 6 台塔带机, 4 台胎带机, 2 台 MQ2000 型门机, 1 台 K-1800 型塔机, 2 台 25t 摆塔式缆索起重机。混凝土施工创年最高浇筑强度 542.85 万 m^3 , 月最高浇筑强度 55.35 万 m^3 , 创造了世界水利水电工程混凝土浇筑最高强度。三峡工程在总结葛洲坝工程生产 7℃ 预冷混凝土实践经验基础上, 首创在混凝土拌和系统采用二次风冷骨料新技术。制冷系统装机总容量达 77 049kW, 为当今世界规模最大的低温混凝土生产系统。

三峡工程混凝土优选原材料: 使用具有微膨胀性质的中热 525 号水泥; 选用减水率 18% 以上的高效减水剂, 以降低混凝土用水量; 混凝土掺引气剂, 以提高其抗冻标号; 使用 I 级粉煤灰, 降低混凝土用水量, 改善混凝土性能。优化混凝土配合比, 减小水胶比, 在满足混凝土设计指标前提下, 加大粉煤灰掺量。大坝混凝土温度控制采用综合措施: 优化混凝土配合比, 提高其抗裂性能; 控制坝块混凝土最高温度, 混凝土配合比中减少水泥用量, 高温季节浇筑低温混凝土, 并设法减小温度回升; 选用合理的分缝, 限制坝块尺寸; 采用合适的浇筑层厚及间歇期; 混凝土收仓后加强养护, 连续养护时间 28 天; 埋设冷却水管, 初期通 6~8℃ 制冷水, 通水时间 15 天, 每年 9 月初开始对当年高温和较高温季节浇筑的坝体混凝土进行中期通水, 通水时间 1.5~2.5 个月, 使坝体混凝土温度降至 20~22℃; 加强混凝土表面保温, 防止受气温骤降而产生裂缝。大坝混凝土施工中实施全过程温控防裂技术, 采用的温差标准及综合防裂措施均达到或超过国内外先进水平, 成功地解决了夏季大规模浇筑大坝基础约束区混凝土的难题, 至今尚未发现大坝混凝土产生基础贯穿裂缝。

葛洲坝工程多项关键技术三峡工程中得到了应用, 并针对三峡工程特点, 随着水利水电工程技术的进步, 在葛洲坝工程经验的基础上有了较大发展。三峡工程设计中的重大技术问题, 通过大量的科学试验研究和计算分析, 并借鉴于葛洲坝工程和国内外已建大型水利水电工程设计、施工、运行经验, 都已基本解决。目前, 二期工程建设取得重大进展, 按工程施工总进度安排, 将于 2002 年 11 月进行明渠截流, 2003 年 6 月水库蓄水至 135m 水位, 双线五级船闸通航, 10 月左岸电站首批机组发电。

在这次科技成果交流会上提出的论文很多, 由于本人水平有限, 未能进行全面总结, 深表歉意。

最后让我代表会议的组织单位再一次感谢各位代表对这次会议的大力支持和帮助! 祝大家身体健康! 谢谢!

2001 年 11 月 28 日

目 录

序	蔡其华
前言	文伏波
葛洲坝水利枢纽通航发电 20 周年科技成果交流会总结发言	郑守仁

综合、规划与经济分析

葛洲坝水利枢纽设计回顾及验证	长江水利委员会(1)
葛洲坝工程关键技术三峡工程的应用及发展	郑守仁(13)
葛洲坝工程综合经济效益的设计与实践	邱忠恩 乐建红(23)
葛洲坝电站发电效益分析	鲁 军 丁 毅(31)
葛洲坝水利枢纽工程是河流渠化的成功实践	尹维清 万晓文 朱 勤(39)
葛洲坝工程对地区经济发展影响的调查分析	乐建红(47)
葛洲坝水库移民安置的经验	田一德 田国章(50)

水工建筑与金属结构

葛洲坝工程二江泄水闸消能防冲设计与运行	黄国强(56)
葛洲坝航线设计与运行回顾	辜钢民 张亚利(63)
葛洲坝船闸输水系统的实践检验	蒋筱民(72)
葛洲坝 1 号船闸闸室底板结构缝渗漏水处理设计研究	李江鹰 杨本新(75)
葛洲坝工程红层基础灌浆和排水设计中几个关键问题及评价	周和清 欧阳崇云 王 利(80)
葛洲坝大江基础 V 号强透水岩体处理设计的理论与实践	吴金球(84)
葛洲坝大江电厂尾水护坦冲坑修复设计与施工	孙江南 万中鹏(89)
葛洲坝二江泄水闸上平下弧双扉闸门成功运行 20 年	黄晓文 李锦云 徐永蔚(96)
葛洲坝船闸人字闸门设计回顾	李宗福 董国威(101)

机电设计

葛洲坝水电站水轮发电机组选型设计及运行实践	陆施敏 黄孟星 熊腾晖(113)
葛洲坝水电站在电力系统发展中的作用	邵建雄 杨 杰 袁逸群(119)
我国最大的电气制动装置的设计及运行	赵 鑫 易卜吉 殷 勇(125)
葛洲坝水电站的机电设计	袁达夫 江万宁(130)
葛洲坝大江电站 500kV 主变压器中性点接地方式	舒廉甫 覃利明 郝永乐(135)
雷击厂房顶铁塔反击过电压的研究	舒廉甫 石凤翔 许 军 王华军(141)

葛洲坝二江电站 220kV 架空线跨越三江					
航道·····	舒廉甫	何智江	石凤翔	张德文	(152)
葛洲坝大江电站 500kV 雷电侵入波过电压保护					
数值分析·····	章利明	舒廉甫	毛永松	陈晓明	(157)
葛洲坝水电站配电装置铝管母线·····		袁达夫	石凤翔	江 琴	(166)
葛洲坝水电站计算机监控系统的设计与					
展望·····	梁建行	张重农	黄天东	陈克中	(176)
葛洲坝水电站继电保护的设计与运行·····	易先举	周 强	汪祖祿	杨新和	(182)
葛洲坝水电厂励磁系统的设计与运行·····	梁建行	邹来勇	杨新和	高光华	(186)
葛洲坝水利枢纽通信系统的运行及发展·····			张义强	唐士云	(189)
葛洲坝船闸自动化技术的发展·····	段 波	范 锴	吴 斌	董博文	(194)
葛洲坝高大厂房分层空调的设计和运行					
经验·····	李光华	张生权	吴云翔	金 峰	(199)

水文与泥沙研究

葛洲坝水利枢纽水文泥沙监测系统·····	孙伯先	汪劲松	戴水平	(206)
葛洲坝水库冲淤规律及航道变化·····	李云中	牛兰花	成金海	(216)
葛洲坝水库坝区水文泥沙和航道监测与分析·····	樊 云	成金海	孙伯先	(228)
葛洲坝水利枢纽下游近坝河道演变与枯水期水位变化				
研究·····	李云中	聂勳龙	牛兰花	(239)
葛洲坝水电站防沙排沙水文监测分析·····		成金海	孙伯先	(256)
葛洲坝与三峡工程坝区泥沙问题 ·····			潘庆荣	(269)
三峡工程运用后葛洲坝枢纽下游通航问题及工程				
措施研究·····	师 哲	郭 炜	黄建成	(279)
葛洲坝水利枢纽运行对下游河段影响的监测研究·····	唐从胜	王维国	李振林	(286)
葛洲坝水利枢纽运行对下游浅滩和险工护岸的影响·····	王维国	宋士杰	龙 慧	(296)
宜昌站水位流量关系变化及其对葛洲坝水利枢纽设计流量和				
校核流量影响分析·····	黄 燕	陈 晖		(309)

水力学

葛洲坝枢纽下游河势调整工程试验研究·····			王 巧	(315)	
葛洲坝大江航道冲沙闸的体型研究及运行实况·····			朱文光	(328)	
葛洲坝工程通航水流条件研究与验证·····	陈永奎	徐勤勤	严 伟	王 列	(337)
葛洲坝船闸水力学问题综合分析·····	邓廷哲	金 峰	彭爱琳	邓 浩	(345)
葛洲坝三江航道冲沙闸的体型特点与冲沙效果·····			陈忠儒	(357)	
葛洲坝枢纽河势规划与运行验证·····		黄伯明	石含英	(369)	

大坝安全监测与生态环境保护

葛洲坝二、三江主要建筑物观测资料分析和研究	王德厚(378)
葛洲坝一号船闸下闸首右2块混凝土裂缝成因分析及 加固方案研究	杨本新 李江鹰(389)
葛洲坝水利枢纽水环境监测与分析	高千红 叶 绿 李贵生(396)
葛洲坝工程救鱼措施研究和救鱼效果调查分析	黄立章(403)
葛洲坝工程救鱼问题及三峡工程水生生物保护	蒋国政(411)
葛洲坝秭归县库区水土流失治理分析	王 培 李迎喜(416)
葛洲坝工程兴建后生态环境变化与影响及对策研究	彭盛华 邹家祥(420)

其 他

葛洲坝工程岩体抗剪强度参数的统计特征及稳定性评价	田 野(426)
葛洲坝一、二期工程大坝地基工作状态的检查	徐瑞春(433)
化学材料在葛洲坝工程中的应用	谭日升 蒋硕忠 薛希亮(450)

附 录

葛洲坝二江、三江工程获国家级科技进步特等奖	成绶台(454)
葛洲坝水利枢纽特征值汇总表	辜钢民(460)
后记	(471)