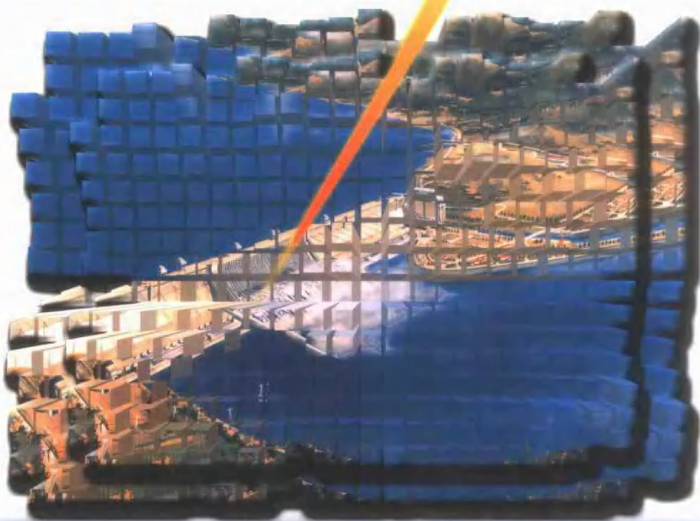


长江三峡工程 关键技术 研究

主 编 哈秋船
副主编 包承纲 [常务]
饶冠生 田 野
[上册]



广东科技出版社

长江三峡工程关键技术研究

(上册)

主 编 哈秋龄

副主编 包承纲(常务) 饶冠生 田 野



广东科技出版社

广州

图书在版编目(CIP)数据

长江三峡工程关键技术研究·上册 / 哈秋龄主编.
广州: 广东科技出版社, 2002.3
ISBN 7-5359-2383-6

I. 长… II. 哈… III. 水利枢纽—工程施工—技
术—研究—三峡 IV. TV632.63

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第51236号

出版发行: 广东科技出版社
(广州市环市东路水荫路11号 邮编: 510075)
E-mail: gdkjzbb@21cn.com
http://www.gdstp.com.cn
出 版 人: 黄达全
经 销: 广东新华发行集团
排 版: 广东科电有限公司
印 刷: 广东省东莞新丰印刷有限公司
(广东省东莞市凤岗镇天堂围区 邮编: 511751)
规 格: 787mm × 1092mm 1/16 印张 41.5 字数 950 千
版 次: 2002 年 3 月第 1 版
2002 年 3 月第 1 次印刷
印 数: 1~900 册
定 价: 300.00 元(上、下册)

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

本书承广东优秀科技专著出版基金会推荐与资助出版



广东优秀科技专著出版基金会

2004/10/4

广东优秀科技专著出版基金会

顾问: 钱伟长

(以姓氏笔画为序)

王元	卢良恕	伍杰	刘杲
许运天	许学强	许溶烈	李辰
李金培	李廷栋	肖纪美	吴良镛
汪家鼎	宋木文	宋叔和	陈元直
陈幼春	陈芳允	周谊	钟南山
钱迎倩	韩汝琦	焦树德	

名誉会长: (以姓氏笔画为序)

马万祺	任仲夷	庄世平	刘皇发
何克勤	余国春	柯正平	梁广大
曾宪梓	黎子流		

评审委员会

主任: 谢先德

委员: (以姓氏笔画为序)

邓铁涛	卢永根	卢明高	伍尚忠
刘振群	刘颂豪	李任先	李岳生
李宝健	张士勋	张展霞	陈兴业
赵元浩	高惠广	容柏生	黄达全
黄衍辉	彭文伟	傅家谟	谢先德
蔡荣波	欧阳莲		

本书编委会

主 编：哈秋舫

副主编：包承纲（常务） 饶冠生 田 野

编委会成员（以姓氏笔画为序）：

王家柱 王德厚 尹庭伟 包承纲 田 野

史振震 刘思君 刘建华 孙志禹 张超然

张 卉 沈 泰 沈育民 李永仁 郑守仁

陈华康 苗青在 哈秋舫 郭汉惠 饶冠生

徐麟祥 殷瑞兰 高鸣安 程 山 蒋养成

谭承敏

内 容 简 介

《长江三峡工程关键技术研究》主要介绍国家“八五”(1991~1995)重点科技攻关第16大项的研究成果。该项任务由国家科委下达,中国长江三峡工程开发总公司主持,长江科学院等国内著名科研单位主要执行。

全书共分六编,包括:枢纽布置及建筑物优化与深化研究;高水头多级船闸水力学及结构研究,施工期导流与通航问题研究;深水高土石围堰关键技术研究;船闸陡高边坡关键技术研究;施工管理科学化规划研究。

这些关键技术问题的难度很大,许多课题都是国内以往从未有过的,因此研究成果不仅有重大的实用价值而且有很高的科学意义。

上述成果已由国家科委组织的国内著名专家学者组成的6个专家组,分别进行了鉴定。除1项成果外,5项成果全部达到国际先进或部分国际领先的水平。这是三峡工程建设中的科技结晶,也是我国工程建设中的宝贵财富。它不仅对三峡工程已经起了重要的作用,而且将会推进我国有关学科的发展,对其他类似工程建设也有很好的参考价值。

本书可供参与三峡工程的广大科技工作者阅读,也可供从事水利水电、建筑设计等科技人员和大专院校师生及研究人员参考。

序

本书是国家“八五”(1991~1995)重点科技攻关第16大项“三峡工程关键技术研究”的主要研究成果。在此期间,三峡工程处于8个单项工程技术设计的重要关键时刻。1993年,二坝工程已经国家批准正式开工,许多主要建筑物的一些关键技术问题正在优化、深化或有待于决策;本攻关课题的内容即是针对这个需要而安排的。共有6个大专题,30多个子题。6个重大项目中,枢纽布置、导流方案等属战略决策的重大问题;二期深水高土围堰、高水头多级船闸、船闸陡高边坡稳定性等专题属于工程中的高难度技术问题;工程管理系统的研究属软科学问题。对于上述各项研究专题,数以千计的科技人员,运用实体模型、数值模拟、室内和室外试验以及原位观测等多种途径,采取设计、科研、施工相结合的方法,通过5年的辛勤耕耘,已经取得了丰硕的成果。它的重大意义在于:①这些研究成果使建筑物得以优化,对三峡工程的顺利施工、缩短工期、降低造价和安全运行,具有重要作用。②这些研究项目中的许多高难度技术问题均属世界罕见。例如,二期围堰水深之深、地质条件之复杂、施工条件之苛刻为世界少有;施工导流规模和流量之大且导流期须保证通航等要求,是以往其他枢纽建设所未曾有过的;三大主体工程之一的永久船闸是当今世界上水头最高、规模最大、技术最复杂的通航建筑物;如此等等。我们科技人员用自己的智慧和胆识,研究解决了这些难题,值得载入我国的科技史册。③通过项目的研究,在理论、方法和仪器设备等方面均有所创新。如多级船闸全模拟总体运行水力学模型、非恒定减压试验设备等,均属国内外首创。在各项研究中广泛地应用了许多高新技术,促进了水利工程的科技进步,为我国的水利事业作出了新的贡献。

总而言之,上述攻关成果不仅技术先进、内容丰富,而且实用性极强,基本上为技术设计所采纳,或作为比较方案的成果而被利用,为日后三峡工程的顺利建设打下了重要的技术基础。目前,攻关所涉及的某些建筑物,有的已经完成且正在运行中,有的已经基本完成或者其关键部位已经完成。从所获得的施工资料和运行观测资料来看,证明了上述这些攻关成果是正确的、合乎实际的。因此,在攻关结束5年后的今天,再来发表这些成果更具价值和意义。它不仅对三峡工程起了重要的作用,而且对其他类似工程的建设 and 我国水利水电事业的技术进步和创新也是一个新贡献。

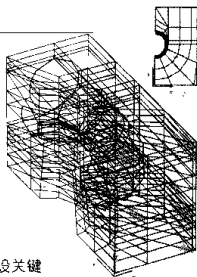
三峡工程正在顺利建设中，而且正处在施工的高峰阶段。2003年将实现水库初期蓄水，首批机组发电，双线五级船闸通航；2009年整个工程全面竣工。三峡工程建设还有一段路要走，还会遇到各种挑战性的问题，需要攻克。三峡工程只有依靠科学技术不断地研究创新，才能获得最终胜利。在此，我代表三峡总公司向参与三峡“八五”攻关的所有科技人员，表示深深的谢意。今后，我们将一如既往地为实现三峡工程的全面成功而共同努力。

陈依群

2000年7月



前言



一、国家“八五”重点科技攻关项目(85-16)“三峡工程枢纽建设关键技术研究”课题(85-16-03)包括6个专题,即:枢纽布置及建筑物优化;高水头多级船闸水力学;施工期导流和通航;二期深水土石围堰;船闸陡高边坡以及工程管理科学化规划等。本课题所设专题均为“七五”国家重点科技攻关项目中水工和施工两个课题研究的继续。因此,有一定的工作基础。

该课题从立项、执行到完成,为期5年(1991~1995年底)。在此过程中,三峡工程经历了各设计阶段:工程论证、可行性研究、初步设计、技术设计及一期工程开工。为适应工程各阶段工作的需要,对本课题所属各专题研究重点和深度均及时作了相应的调整,使这项研究工作始终紧密联系工程实际。当然,这样的变化,使研究工作增加了一定的困难。

二、三峡工程规模巨大,技术难度极高,许多单项工程技术指标远远超过目前国内外现有水平。国家科委决定将三峡工程枢纽建设中的重大关键技术问题,列入国家攻关计划是十分正确的。

1) 巨大规模的工程在量级变化过程中,已产生了质的变化。以往一般的常规研究深度和工作方法,单一的专题研究内容已不适应巨大工程的质量要求。随着时代的进步,要求相应研究工作应有更高的科技含量,要求更系统、更深层次的研究。

2) 三峡工程中许多单项工程技术指标很高,技术难度很大,特别是一些工程项目中众多的不确定因素(如泥沙、地质等),更增加了工作的难度。为了慎重地研究三峡工程的重大技术问题,必须提倡“科学技术发展的灵魂是创新”、“科学的研究方法是百家争鸣”、“理论必须结合实际”、“力学中的数学模型、室内模型试验必须符合工程实际的物理本质现象”等原则和方法。

3) 在长江上建三峡工程,应牢记周恩来总理生前的教诲:“如临深渊、如履薄冰”。在三峡工程建设中,面临如此巨大的科技挑战,应该兢兢业业,孜孜不倦;倾听各方面的意见和不同的学术观点,深入研究,慎之又慎。

三、本课题所设6个专题中,一个专题属大坝和厂房部分水工关键技术问题;永久船闸设水力学和高边坡两个专题;施工技术问题设施工导流和施工通航以及深水土石围堰两个专题;另一个专题是科学管理的软课题。各专题的设置,总体上是合理的。其成果概述如下:

1) 船闸水力学研究和二期深水土石围堰研究是结合技术设计审查进行的。这两个专题属单项工程, 攻关目标明确, 研究内容深度及系统性均比较好。研究成果已被设计采纳。

2) 枢纽专题的研究内容十分广泛, 有水力学、结构力学和材料等多方面的问题。限于条件, 本专题只选取若干重点问题进行了研究。

其中大型机组蜗壳垫层及其周围砼应力条件的研究, 以及大型水电站厂房振动等都是十分重要而复杂的技术难题。这些研究对工程有很好的参考价值。

3) 施工导流和施工通航问题, 在论证、可行性研究和初步设计阶段进行了多方案的综合分析比较。其中, “两期导流·明渠不通航”与“三期导流·明渠通航”两个方案的争论很大。最后, 经领导决定: 采用“三期导流·明渠通航”方案。方案的研究和争论给初步设计审查起到了重要的参考作用。在初步设计审定后, 配合技术设计进行了部分试验研究。

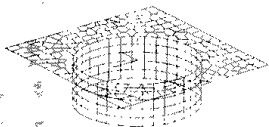
4) 船闸陡高边坡专题的研究, 按其重要性和难度, 以及不同学术观点的存在, 组成了三个分专题平行进行研究。各分专题均进行了全面、系统的综合研究, 但成果差别较大。本专题的核心是陡高边坡的长期变形问题。其理论假设条件、试验方法及参数选择, 以及分析计算方法和软件均有一定分歧。但不同的学术观点, 有利于对该工程更深入的研究, 也有利于岩石力学这个新兴的边缘科学的发展。

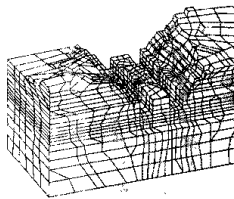
5) 管理科学化专题的研究是企图在工程建设中, 应用电子计算机模拟技术, 仿真工程建设, 以达到工程控制的目的。这是一项很有益的尝试。

上述研究成果, 有的直接为工程采纳, 有的作为三峡工程建设的技术储备, 也有的是在新的科技领域中的探索。

四、本课题研究工作结束至今已有5年多。本项研究成果今天能够顺利成书出版, 是与长江科学院领导及有关同志的热情和努力分不开的, 并得到了三峡工程开发总公司的支持。书中内容不但有它的实用价值, 还有历史意义。

五、本课题涉及三峡工程水工建筑、施工技术和管理学等方面, 内容十分广泛, 专业众多, 行业跨度大, 工作难度也很大。国家科委委托我作





为课题研究负责人,我对国家科委有关领导的信任表示深深的谢意。我在工作中虽作了努力,但仍不尽人意。为此,谨表示歉意。

由于研究条件比较复杂,研究工作内容和要求不断变化,各专题负责人和参与研究工作的各位专家表现了极高的智慧和通力合作的精神,使这项研究任务得以在1995年及时地高标准地完成。作为课题负责人,借此机会谨向各位表示深深的敬意和衷心的感谢。

在主持本课题研究期间,我曾在中国三峡工程开发总公司(筹)和中国长江三峡工程开发总公司任职。在这项工作中得到了总公司科技部门的同志和长江科学院有关同志的支持,一并表示谢意。

课题负责人:哈秋龄

中国长江三峡工程开发总公司 原总工程师

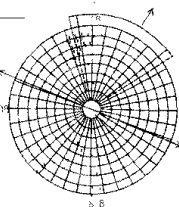
重庆建筑大学 教授 博士生导师

目 录 (上册)

第一编 枢纽布置及建筑物优化与深化

引言	3
第一章 提前发电和施工导流与施工通航方案研究	8
第一节 明渠不通航·两期(半)导流优化方案研究	8
第二节 明渠不通航条件下施工通航方案研究	10
第三节 提前发电的研究	12
第四节 小结	15
第二章 泄水建筑物型式及消能技术研究	16
第一节 泄洪建筑物布置优化的研究	16
第二节 溢流建筑物布置优化的研究	26
第三节 溢流坝下游挑流冲刷的研究	32
第四节 小结	43
第三章 电站进水口防淤冲沙设施的研究	45
第一节 排沙孔进口高程的探讨	45
第二节 三期碾压混凝土围堰不同拆除高程的冲刷漏斗试验	48
第三节 排沙孔对减少机组进沙量效果的试验	50
第四节 小结	51
第四章 电站进水口拦排漂设施试验研究	52
第一节 枢纽排漂建筑物的布置	52
第二节 各排漂建筑物的排漂效果试验	54
第三节 拦排漂工程措施	57
第四节 小结	58
第五章 高温下浇筑碾压混凝土的研究	59
第一节 概述	59
第二节 计算方法与允许应力	59
第三节 碾压混凝土高重力坝温度应力与温度控制的特点	76
第四节 温度控制措施	83

第五节 厂房坝段的温度应力与温度控制	91
第六节 泄洪坝段的温度应力与温度控制	98
第七节 小结	101
第六章 三峡大坝设计复核与优化	103
第一节 重力坝三维 CAD	103
第二节 大坝断面优化	119
第三节 大坝复核计算	135
第四节 动力分析	150
第七章 三峡枢纽大坝碾压混凝土耐久性研究	155
第一节 试验资料	155
第二节 试验方法及原材料	156
第三节 试验碾压混凝土配合成分设计	158
第四节 特殊试验结果与分析	160
第五节 碾压混凝土孔结构和孔分布与耐久性的关系	163
第六节 推荐的碾压混凝土配合成分	164
第七节 碾压混凝土碳化试验	164
第八节 小结	166
第八章 水电站厂房振动分析	167
第一节 概述	167
第二节 技术设计阶段厂房上部结构自振特性的三维动力有 限元整体动力分析	167
第三节 技术设计阶段发电机层楼板—风罩联合振动体系自 振特性的有限元动力分析	170
第四节 技术设计阶段厂房水下结构自振特性的二维整体动 力分析	171
第五节 厂房振源机理分析	172
第六节 厂房共振校核计算	180
第七节 水电站厂房机组振动原型观测实例分析及振动处理 措施	182
第八节 厂房上部结构比较方案的动力分析	183
第九节 厂房发电机层楼板与厂房水下结构防共振的结构 措施	184
第十节 其他防共振措施	186
第十一节 水电站厂房振源机理分析与共振校核方法的实例 验证	188
第十二节 小结	190

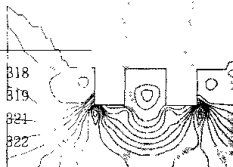


第九章 蜗壳垫层材料和厚度对周围混凝土应力影响的研究	192
第一节 基本资料	192
第二节 计算图形及计算组合	194
第三节 平面应力计算内容与结果	199
第四节 三维计算内容及结果	208
第五节 小结	214
结语	215

第二编 施工期导流与通航问题研究

引言	221
第一章 施工导流建筑物布置及其水力学问题研究	224
第一节 概述	224
第二节 初步设计审查前的研究工作	228
第三节 初步设计审查后的研究工作	238
第四节 小结	250
第二章 施工期通航建筑物布置及其通航条件研究	252
第一节 概述	252
第二节 导流明渠通航水流条件优化研究	253
第三节 临时船闸通航水流条件研究	268
第四节 施工期通航运输技术研究	273
第五节 小结	280
第三章 施工期导流与通航方案及其施工进度控制性计划研究	281
第一节 概述	281
第二节 关于提前发电措施研究	283
第三节 关于施工期导流与通航方案研究	285
第四节 导流明渠施工期不通航建议方案	288
第五节 三期导流碾压混凝土围堰挡水发电施工总进度各方案研究	295
第六节 三期导流右岸坝体挡水发电施工总进度各方案研究	301
第七节 各总进度计划施工期发电效益分析	303
第八节 小结	306
第四章 施工期临时航道泥沙淤积问题及其对策研究	308
第一节 概述	308
第二节 以往研究成果回顾	309
第三节 泥沙模型试验研究	311

第四节 导流与通航建筑物防护措施研究	318
第五节 施工期明渠通航船模试验	319
第六节 小结	321
结语	322



第三编 二期深水高土石围堰关键技术研究

引言	327
第一章 概论	329
第一节 二期围堰工程概况	329
第二节 二期深水高土石围堰的特点和关键技术问题	332
第三节 “八五”攻关的主要内容安排	334
第四节 围堰研究工作的概况和本次攻关的过程	335
第五节 攻关技术水平和实用意义	336
第六节 一期围堰的现场测试	337
第二章 二期围堰填料的工程特性研究	341
第一节 概述	341
第二节 围堰填料的基本性质	342
第三节 水下抛填密度和坡角的离心模型试验	348
第四节 大型平面应变仪的设备完善及试验技术研究	351
第五节 试验数据处理系统的研究	352
第六节 围堰填料的应力应变关系研究	353
第七节 小结	361
第三章 二期围堰断面结构研究和工程布置的优化	363
第一节 二期围堰应力应变分析	363
第二节 断面型式的离心模型试验验证及粗粒料相似律研究	388
第三节 围堰的渗流分析	399
第四章 二期深水高土石围堰动力稳定性研究	413
第一节 围堰地震作用的动力问题研究	413
第二节 爆破振动问题研究	465
第五章 防(排)渗新材料研究	489
第一节 概述	489
第二节 柔性材料研究	490
第三节 土工合成材料研究	494
第四节 小结	508

第四编 高水头多级船闸水力学研究

引言	513
第一章 概论	515
第二章 输水系统布置及阀门段廊道体型研究	520
第一节 概述	520
第二节 主要研究成果	521
第三节 小结	547
第三章 输水阀门水动力与流激振动特性	549
第一节 概述	549
第二节 阀门启闭力特性	549
第三节 阀门支铰荷载特性	556
第四节 输水阀门流激振动研究	559
第五节 小结	568
第四章 反弧形输水阀门空化特性与减免空化及空蚀措施	569
第一节 概述	569
第二节 反弧形输水阀门非恒定流空化特性及抑制空化的基 本措施	570
第三节 反弧形门楣通气防护措施	583
第四节 阀门段金属材料空蚀改性研究	592
第五节 小结	596
第五章 船闸输水时引航道非恒定流和通航水流条件研究	597
第一节 概述	597
第二节 上游引航道通航水流条件研究	598
第三节 上游引航道自航船模试验	604
第四节 闸室旁侧泄水时下游引航道通航水流条件	610
第五节 小结	614
第六章 双线连续五级船闸总体运行水力学试验研究	615
第一节 概述	615
第二节 总体运行模型和试验设备	616
第三节 三峡船闸运行状态分析	617
第四节 不补水运行状态输水水力特性	620
第五节 补水运行状态的水力特性	624
第六节 末级超长泄水廊道水力特性	627
第七节 惯性超高(降低)的影响及改善措施	632
第八节 进(出)口水口水流条件及船舶进(出)闸室的水力 现象	634

