



长江三峡水利枢纽 导流明渠截流与 三期围堰工程

张曙光 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

长江三峡水利枢纽 导流明渠截流与 三期围堰工程

主 编 张曙光
副主编 彭 冈 时会良 李先镇



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

截流与导流是兴建水利枢纽工程的前奏。截流是修建围堰的先决条件,也是围堰施工的一道工序。导流是将河道水流导向下游的工程措施。三峡工程大江截流和导流明渠截流是迄今水利水电工程史上两次极具挑战性的壮举。本书详尽总结了导流明渠截流的方案选择、围堰设计、防渗科学试验、截流与围堰施工的实践经验,以及围堰安全监测成果,是水利水电工程导截流工程一本难得的可资借鉴的参考书。可供水利水电工程有关技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

长江三峡水利枢纽导流明渠截流与三期围堰工程/张曙光主编. —北京:中国水利水电出版社, 2006
ISBN 7-5084-3752-7

I. 长... II. 张... III. ①三峡工程—导流—明渠—截流②三峡工程—围堰—水利工程 IV. TV632.71

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 042118 号

书 名	长江三峡水利枢纽导流明渠截流与三期围堰工程
作 者	张曙光 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) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万澎科技有限公司
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 20.5 印张 498 千字 4 插页
版 次	2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷
印 数	0001—2100 册
定 价	58.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

总结三峡导流明
渠截流与三期围堰工
程的成功经验，为提
高我国水利水电科技
水平做贡献。

潘家铮

2005年5月

總 經 驗
提 高 水 平

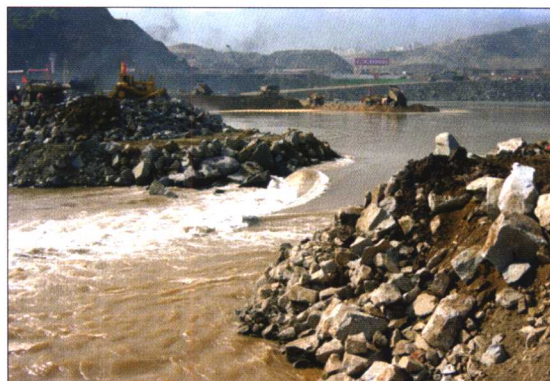
潘家铮

乙酉夏

导流明渠截流合龙施工



导流明渠截流戗堤进占施工



导流明渠截流龙口合龙施工之前龙口的情况



2002年11月6日上午9时龙口合龙施工开始，
图为整装待发的载重车



龙口合龙施工（从上游面看）

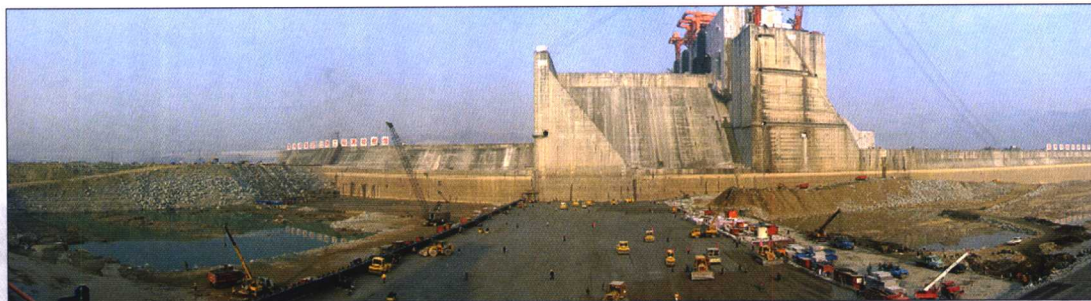


龙口合龙施工（从下游面看）



2002年11月6日上午9时48分龙口合龙成功了

三峡工程三期上游碾压混凝土围堰施工



三期上游碾压混凝土围堰施工仓面鸟瞰



汽车入仓（高程94.7m以下
堰体混凝土）



摊铺施工作业



碾压作业



上游面翻转模板



下游面预制混凝土块模板



顶带机安装（高程94.7~113m采用
汽车运输和塔顶带机联合入仓，高程
113m以上全部采用塔顶带机入仓）

编辑委员会

顾问 郑守仁 陆佑楣 张超然

主任 彭启友

副主任 彭 冈 曾国顺 钮新强 邢德勇 於三大 孙志禹

委员 时会良 陈文夫 马善才 李芝华 曾 明 刘少林

周良景 高黛安 陈珙新 王 毅 杨锡银 陈先明

李先镇 李文伟

主编 张曙光

副主编 彭 冈 时会良 李先镇

主要编写人员 徐唐锦 时会良 高黛安 陈珙新 刘少林

徐敬新 李文伟 陈先明 郑 瑛 陈文耀

黄国兴 武芳洁 王武斌 李芳玲 詹金环

马永锋 马德浙 陈超敏 余新祥 毛启敏

杨光辉 黎汝潮 汪安华 范五一 李 焰

李正华 李友华 李晶华 黄应年 李贵平

韩炳南 况春萍 田先忠 陈新群 陈文夫

张 维 梅雪东 张 弩 洪植清 许天锁

李忠彬 李国清 於三大 陈绪春 姚红兵

在三峡工程导流明渠截流仪式上的汇报

中国长江三峡工程开发总公司

陆佑楣

2002年11月6日

尊敬的李鹏委员长，吴邦国副总理，邹家华副委员长，
各位领导，各位来宾：

现在，我报告长江三峡工程导流明渠截流合龙工程的各项准备工作的情况：

三峡工程经过十年的建设，工程进度已达到了总进度的计划目标，各工程项目的进度满足设计和导流明渠截流的要求，完成了双线五级船闸工程，长江主河床和左侧大坝已全线到达坝顶185m高程，发电厂房和机组安装正在全面施工，明渠截流及三期碾压混凝土围堰的施工准备已基本就绪。10月份，国务院长江三峡工程验收委员会进行枢纽工程导流明渠截流前的验收工作，认为长江三峡二期工程明渠截流的条件已经具备，同意11月实施导流明渠截流。

导流明渠截流实行上下游土石围堰的截流戗堤同时进占、分时合龙的方法，上游戗堤先行合龙，随后下游戗堤合龙。

上游土石围堰由葛洲坝集团施工，全长442m，堰顶高程83m，总填筑方量为156万 m^3 ，其中截流戗堤总量42万 m^3 ，已预进占完成41.83万 m^3 ，龙口剩余长20m，剩余量为1700 m^3 。

下游土石围堰由武警水电部队施工，全长448m，堰顶高程81.5m，总填筑量为170万 m^3 ，其中截流戗堤总量为46万 m^3 。已预进占完成45.84万 m^3 ，尚剩余龙口18m，剩余量为1600 m^3 。

今天现时的长江通过三峡坝址的流量是8600 m^3/s ，其中通过大坝22个导流底孔的流量是8450 m^3/s ，通过截流龙口的流量是120 m^3/s 。大坝导流底孔的分流比为98.2%。截流总落差2.7m，上游龙口的流速为3.1 m/s ，下游龙口的流速为2.78 m/s ，对最后合龙非常有利。

导流明渠截流禁航后，船舶过坝的通航问题已作了妥善安排，货运船舶都经临时船闸通过，大部分客轮都经由坝前码头陆地转运过坝，目前运行安

全正常。今天实行上下游截流合龙的一切准备工作均已就绪，正等待最后的截流合龙命令。

三峡工程全体建设者将紧密团结在以江泽民同志为核心的党中央周围，高举邓小平理论的伟大旗帜，努力实践“三个代表”的重要思想，以优异的建设业绩，迎接党的“十六大”的胜利召开！

序

三峡水利枢纽导流明渠截流和三期围堰工程的成功完成，是实现二期工程向三期工程转变和实现工程三大阶段性目标——蓄水、通航、发电的关键。三峡导流明渠截流和三期围堰工程是长江干流上继葛洲坝大江截流、三峡大江截流之后第三次大规模截流与围堰修建的又一次壮举。其综合难度是我国乃至世界大江大河上迄今最难的一次。首先是流量大，设计截流流量达 $12200 \sim 10300 \text{ m}^3/\text{s}$ ，最大截流落差高达 4.11 m ，龙口流速达 $7 \sim 8 \text{ m/s}$ 。其次，导流明渠截流是在人工修建的宽仅 350 m 、较为光滑的渠底上施工，抛投的物料极易被高速水流冲走，从而增加了截流难度，还要协调好截流进占施工与保证明渠不间断通航的矛盾，这就使得工期更为紧张。最后，三峡三期导截流一个最为关键的建筑物——三期上游碾压混凝土围堰，它不仅受截流、上下游土石围堰填筑、围堰防渗工程及基坑排水等诸多前序工程项目工期的影响，而且其运行条件要求在 2003 年汛前浇筑到堰顶高程 140 m ，即从高程 50 m 至高程 140 m ，仅用 4 个月堰体要上升 90 m ，月平均上升 22 m 以上，最大浇筑仓面达 19000 m^2 ，连续上升 57.5 m （从 50 m 至 107.5 m 高程），日最大浇筑强度 21060 m^3 ，月最大浇筑强度高达 47.6 万 m^3 ，以及其在完成历史使命后的 2006 年爆破拆除，这在世界碾压混凝土工程史和导截流、围堰工程史上都是罕见的。

尽管导流明渠截流与三期围堰工程具有前所未有的难度，但经过 11 年工程建设无数困难考验的全体三峡工程建设者，以昂扬的斗志，以决战决胜的信念迎接这又一次的巨大挑战。为按期实现三峡工程 2003 年水库 135 m 初期蓄水水位、双线五级永久船闸通航、左岸首批 70 万 kW 机组发电三大目标，他们在战略上藐视困难，在战术上重视每一个难题。首先他们做出了周密、科学的总体规划，在多年科学研究与试验的基础上，优化调整了导截流与围堰工程的设计，并结合工程实际和工程难点，展开了从方案到工艺、工序细节施工前的科研和现场试验，为指导施工提供准确的参数。

在技术问题一一得到解决之后，组织协调就成为实施的重要保证。由项目法人、设计、监理、施工等单位负责人组成的导截流和围堰工程指挥部设在施工现场，及时了解现场动态情况，掌握全局，下达指令，及时解决出现

的各类问题，协调各方工作的进展。仅经过一个多月的日夜奋战，就完成非龙口段进占和龙口平抛垫底及拦石坎加糙施工。2002年11月6日上午9:00开始，上下游龙口合龙进占，9:48仅用48min上游龙口成功合龙，取得首战告捷。从2002年11月6日至12月6日，仅一个月时间就完成了近2万m²的上下游土石围堰防渗墙施工。12月6日基坑开始抽水，至12月16日基坑抽水至58m高程，明渠高块碾压混凝土开始浇筑，至2003年4月16日，仅4个月浇至堰顶140m高程，提前一个多月完成了碾压混凝土围堰施工，创造了多项碾压混凝土施工的世界之最，为按预定计划蓄水提供了前提条件。

在三峡导流明渠截流与三期围堰工程项目实施中，我们将科学试验、设计、施工、项目管理与建设监理紧密结合在一起，因而攻克了多项工程技术难题，又一次取得了在大江大河上导截流与围堰工程施工和组织管理的宝贵经验。为使这些宝贵的经验不致流失，我们在科研试验、设计、施工、安全监测和监理管理总结的基础上，将其汇编成册。本书内容包括导流明渠截流与三期上下游土石围堰工程，以及三期碾压混凝土围堰工程。参与此书的编纂者即是工程的实践者，因而编写内容翔实，重点突出，文字简明，数据准确、图文并茂，是从事大中型水利水电工程的建设者及水利水电工程专业大专院校师生的一本难得的参考书。

在本书出版之际，谨向参与本书编写、审核和指导的专家及工作人员表示衷心的感谢，并借此机会向参与三峡导流明渠截流及三期围堰工程的广大建设者致以崇高的敬意，是他们用智慧和汗水创造了奇迹，创造了历史！

靳启友

2005年1月

目 录

在三峡工程导流明渠截流仪式上的汇报
序

陆佑楣
彭启友

第一篇 导流明渠截流及土石围堰工程

第一章 概述	1
第一节 导流明渠截流及三期土石围堰工程概况.....	1
第二节 导流明渠截流水平和特点.....	2
第三节 导流明渠截流的关键技术难题.....	7
第二章 科研与试验	8
第一节 垫底加糙抛投试验研究.....	8
第二节 双戽堤口门配合研究	13
第三章 工程设计	44
第一节 概述	44
第二节 基本设计资料	45
第三节 截流方案选定	51
第四节 截流时段与流量标准	53
第五节 分流建筑物设计	57
第六节 双戽立堵截流设计	57
第七节 降低截流难度的技术措施研究	66
第八节 三期上游土石围堰设计	71
第九节 三期下游土石围堰设计	75
第四章 水文气象预报与观测	77
第一节 水文气象预报	77
第二节 截流期水文观测	77
第五章 工程施工	81
第一节 概述	81
第二节 施工总布置及料源平衡	82
第三节 截流施工准备	92
第四节 垫底加糙施工	93
第五节 截流进占施工	99

第六节	土石围堰填筑及土工膜施工	110
第七节	基坑排水	123
第八节	施工测量、检测与质量控制	128
第九节	施工安全保证措施	141
第六章	施工项目组织与管理	145
第一节	施工实施的组织与管理	145
第二节	施工设备的组织与管理	148

第二篇 土石围堰防渗工程

第一章	概述	153
第一节	三期土石围堰防渗工程概况	153
第二节	三期土石围堰防渗方案决策	153
第三节	三期土石围堰防渗工程的特点和难点	156
第二章	工程设计	158
第一节	三期上游土石围堰防渗设计	158
第二节	三期下游土石围堰防渗设计	160
第三章	土石围堰防渗墙现场试验	164
第一节	概述	164
第二节	振孔高喷试验	164
第三节	常规高喷试验	173
第四节	钻喷一体化高喷工艺试验	180
第五节	自凝灰浆防渗墙试验	187
第六节	综合评价	201
第四章	防渗工程施工	205
第一节	概述	205
第二节	自凝灰浆防渗墙施工	205
第三节	振孔高喷防渗墙施工	211
第四节	常规高喷防渗墙施工	214
第五节	钻喷一体化防渗墙施工	215
第六节	基础帷幕灌浆施工	220

第三篇 三期碾压混凝土围堰工程

第一章	工程设计	225
第一节	概述	225
第二节	设计基本资料	226
第三节	三期碾压混凝土围堰结构设计	228
第四节	围堰基础处理及渗流控制设计	238

第五节	安全监测设计·····	242
第六节	围堰施工规划及主要技术要求·····	244
第七节	施工过程中主要设计优化与变更·····	251
第八节	爆破拆除研究·····	256
第九节	结论·····	258
第二章	工程施工·····	259
第一节	工程概况·····	259
第二节	施工总布置、总进度及完成的主要工程量·····	261
第三节	主要施工方法·····	266
第四节	施工质量管理、控制及评价·····	281
第三章	安全监测成果及分析·····	305
第一节	仪器布置·····	305
第二节	监测成果及分析·····	306
第三节	主要认识·····	319

第一篇 导流明渠截流 及土石围堰工程

第一章 概 述

第一节 导流明渠截流及三期土石围堰工程概况

三峡工程施工采用三期导流、明渠通航、碾压混凝土围堰挡水发电方案。第一期（1993年至1997年11月8日）围河床右侧，在一期土石围堰保护下开挖导流明渠，修筑明渠左侧的混凝土纵向围堰；同时在左岸修建临时船闸及其左岸非溢流坝段，开始施工双线五级船闸及升船机挡水部位（上闸首）的土建工程；长江水流仍从主河床宣泄，主河床照常通航。第二期（1997年11月8日至2002年11月6日）截断主河床围其左侧，修建二期上下游土石围堰与混凝土纵向围堰形成二期基坑，施工泄洪坝段、左岸厂房坝段及电站厂房；继续施工升船机挡水部位（上闸首）及双线五级船闸；江水从导流明渠宣泄，船舶从明渠及左岸临时船闸通行。第三期（2002年11月6日至2009年）截断导流明渠，修建三期上下游土石围堰及碾压混凝土围堰，在三期基坑内施工右岸厂房坝段及电站厂房；三期碾压混凝土围堰和纵向围堰及其以左大坝挡水，水库蓄水至135m水位；江水从泄洪坝段导流底孔及泄洪深孔宣泄，船舶从双线五级船闸通行，左岸电站发电。

三期上下游土石围堰分别为4级、3级临时建筑物，围堰顶高程分别为83.0m、81.5m，围堰轴线全长分别为441.28m、447.45m，顶宽15m。围堰主要由风化砂、反滤料、石渣、石渣混合物和块石填筑而成，上下游围堰填筑工程量分别为154.59万 m^3 、169.94万 m^3 ，其中上下游截流戗堤分别为42.17万 m^3 、46.88万 m^3 。上下游围堰典型断面型式见图1-1-1。上游围堰施工中，高程72m以上因三期RCC围堰施工提前，且混凝土上升速度较快，故在防渗工程施工完后堰体没有进行加高施工。围堰防渗采用高压旋喷灌浆上接土工合成材料型式，高压旋喷墙上游为单排，下游为双排，上下游墙厚分别为0.8m、1.0m，上下游高压旋喷墙面积分别为1.02万 m^2 、0.99万 m^2 ，高压旋喷防渗墙下部设帷幕灌浆钻灌至岩体透水率 $q \leq 50\text{L}$ 为止。导流明渠截流，采用双戗双向立堵截流

方式，上戗堤采用双向进占合龙，但以右岸进占为主；下戗堤采用右岸单向进占合龙。截流合龙时段原设计选在 2002 年 11 月下半月（实施时为 11 月 6 日），截流设计流量为 $10300\text{m}^3/\text{s}$ ，相应截流总落差为 4.11m。上下游截流龙口宽分别为 150m 和 125m，上、下游龙口部位均设置垫底加糙拦石坎。

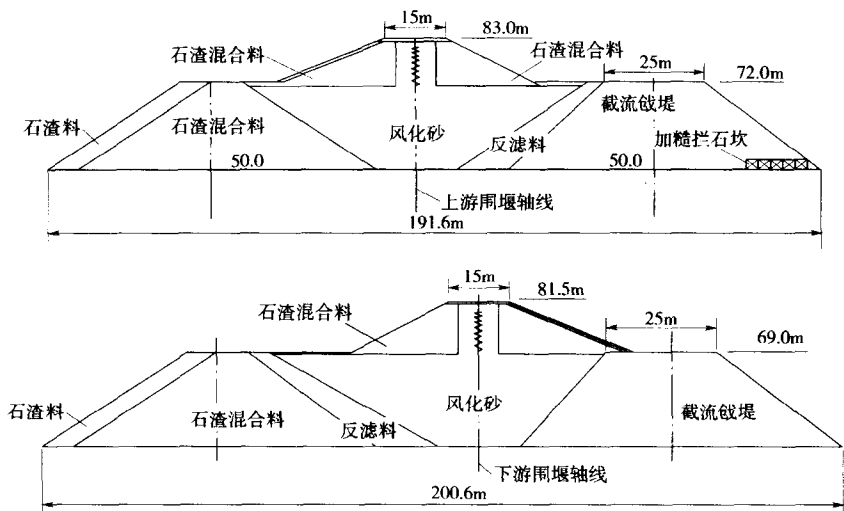


图 1-1-1 上下游围堰典型断面型式图

导流明渠截流与三期土石围堰工程主要工程项目包括：围堰料源复核及开采、龙口垫底加糙、截流戗堤及围堰堰体填筑、围堰防渗、安全监测、基坑排水及临时工程。

导流明渠截流与三期土石围堰工程合同控制性工期为：

2002 年 8 月开始准备工作；

2002 年 11 月 1 日，三期上下游土石围堰截流戗堤进占填筑，导流明渠断航，11 月 12 日形成截流龙口；

2002 年 11 月 15～25 日，龙口合龙，导流明渠截流；

2002 年 12 月 20 日，上下游土石围堰闭气；

2003 年 1 月 15 日，基坑抽干；

2003 年 1 月 31 日三期上下游土石围堰完工。

第二节 导流明渠截流水平 and 特点

一、导流明渠截流水平

三峡工程导流明渠截流，其设计流量达 $10300\text{m}^3/\text{s}$ ，龙口计算最大落差达 4.11m，计算最大平均流速达 5～6m/s，根据综合世界上已进行的高难度截流工程分析（参见表 1-1-1～表 1-1-5），其综合难度是世界截流工程中罕见的。

1. 截流的实际流量

按截流实际流量大小排序的世界前 5 个工程，见表 1-1-1。