

黄河小浪底

水利枢纽工程建设管理的 实践与探索

张基尧 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

黄河小浪底水利枢纽工程 建设管理的实践与探索

张基尧 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

小浪底水利枢纽工程是我国第一个建设管理体制全方位与国际接轨的水利工程,通过引进世界银行贷款,进行国际招标,全面推行项目业主责任制、招标投标制、建设监理制、合同管理制,在工程建设管理模式等方面进行了理论和实践的创新。工程建设过程中,成功地解决了许多处于国内、国际前沿的工程技术问题和建设管理问题,取得了一批重要技术成果,创造了多项纪录。本书分为综述篇、技术篇和管理篇,对这些成就、经验进行了全面总结。

本书适合于广大水利工作者阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

黄河小浪底水利枢纽工程建设管理的实践与探索 / 张基尧编著. —北京: 中国水利水电出版社, 2008

ISBN 978 - 7 - 5084 - 6211 - 0

I. 黄… II. 张… III. 黄河—水利枢纽—水利工程—施工管理—研究—洛阳市 IV. TV632.613

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 212467 号

书 名	黄河小浪底水利枢纽工程建设管理的实践与探索
作 者	张基尧 编著
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)、68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京中科印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 29.75 印张 708 千字 4 插页
版 次	2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷
印 数	0001—1400 册
定 价	88.00 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



张基尧 男，汉族，1945年5月生，山东省济南市人，1979年12月加入中国共产党，教授级高级工程师。1967年毕业于河海大学（原华东水利学院）河川系水工专业。1967～1970年在南京军区某农场参加劳动锻炼。1970～1992年在中国水利水电第十四工程局工作，先后任技术员、工程师、公司副经理、工程局副局长等职。1992～1996年任中国水利水电工程总公司总经理、党组书记。1996～2003年任水利部副部长、党组成员。2003年至今，任国务院南水北调工程建设委员会办公室主任、党组书记。中共十五大、十七大代表，中共十七届中央委员会候补委员。

张基尧长期致力于我国水利水电工程建设、运行管理、体制机制的改革和探索，先后直接参与组织和领导建设了鲁布革水电站、广州抽水蓄能电站、黄河小浪底水利枢纽工程、南水北调等大型水利水电工程，积累了丰富的工程建设管理经验。1992年，张基尧被建设部评为首批“全国优秀项目经理”；1993年被评为教授级高级工程师，享受国务院特殊津贴；1997年获国家科技进步二等奖、“全国优秀中青年专家”称号；2003年被国际工程项目管理合作联盟和中国建筑业协会联合授予“项目管理杰出领导者”荣誉称号。



小浪底水利枢纽开发目标以防洪、防凌、减淤为主，兼顾供水、灌溉、发电，是我国治理开发黄河的关键性工程。1991年4月，七届全国人大四次会议将小浪底水利枢纽工程列入我国国民经济和社会发展规划和第八个五年计划纲要，确定在“八五”期间开工建设。作为国家“八五”重点工程和治理开发黄河的关键性项目，因其战略地位重要、工程规模宏大、地质条件复杂、水沙条件特殊、运用要求严格等，被中外水利专家公认为世界上极具挑战性的工程之一。

小浪底工程投资巨大，在当时国家财政状况下，如果完全由财政拨款兴建，资金将难以保证，短期内上马的难度较大。为了促进小浪底工程尽快上马，水利部提出部分利用世界银行贷款。1988年7月，世界银行官员开始对小浪底工程利用世界银行贷款进行评估。准备工程开工后，利用世界银行贷款工作紧锣密鼓地进行。经过多次评估，并聘请国际咨询公司协助招标设计，1994年2月财政部与世界银行在华盛顿就贷款协议和项目进行谈判，并签署协议，世界银行为小浪底工程提供贷款，第一期为4.6亿美元，国际开发协会为项目提供0.799亿特别提款权信贷（合1.1亿美元）。1997年9月11日，世界银行为小浪底工程提供第二期4.3亿美元贷款协议签字。利用世界银行贷款解决了建设资金不足问题，亦为引进先进施工设备、施工技术、施工管理敞开了大门，为小浪底工程能够在较短时间高质量建成创造了条件。

按照世界银行采购导则的要求，利用世界银行贷款，必须在世界银行成员国范围内就贷款项目进行国际招标。小浪底工程国际招标分为土建工程招标和机电设备招标两部分。土建工程分为大坝（Ⅰ标）、泄洪排沙系统（Ⅱ标）、引水发电系统（Ⅲ标）3个标。土建工程招标自1992年7月22日《人民日报》和《中国日报》发布小浪底工程土建工程施工招标资格预审邀请函始，至1994年7月16日，业主与Ⅰ标、Ⅱ标、Ⅲ标承包商签订合同为止，历时两年。小浪底工程土建标国际招标的工作程序，完全有别于国内选择工程施工单位的做法，是在小浪底工程上应用新的建设管理模式迈出的关键一步。小浪底工程机电设备招标主要是水轮机及附属设备招标。1994年12月15日发售水轮机询价书。1996年1月10日在北京正式签署商务和技术合同。7月初美国进出口银行向中国国家开发银行正式承诺对小浪底工程水轮机提供出口信贷。小浪底工程水轮机的国际招标，是一次进口重大设备合同利用国外出口信贷相结合的招标，在国内水利水电建设史上是第一次。

小浪底主体工程包括土建国际标、土建国内标和机电安装标三大部分。土建国际标

的大坝标由黄河承包商（责任方为意大利英波吉罗公司）施工，泄洪排沙系统由中德意联营体（责任方为德国旭普林公司）施工，引水发电系统标由小浪底联营体（责任方为法国杜美思公司）施工。土建国内标和机电安装标由国内施工队伍施工。三家国外承包商联营体中标后将部分项目以工程分包、劳务分包的形式分包给外国公司和中国公司，在施工现场形成了业主发包，中标承包商分包或再分包的“中、外、中”、“中、外、外、中”的合同链。由于业主与承包商，承包商与分包商国别不同，思想观念、文化背景、施工经验、管理水平上的差异很大，给工程建设管理带来极大困难。虽然最终国际标施工全部提前完成，国内土建标和机电安装标施工均按计划完成，但过程紧张曲折，拼搏与奋斗贯穿于建设全过程。

主体工程开工后不久，Ⅱ标、Ⅲ标分别出现重大设计变更，导致施工方案改变，占压工作面；1995年4月11日开始，Ⅱ标导流洞连续出现多次塌方，塌方工作面全部停工；加上Ⅱ标承包商雇佣的劳务工作效率低，施工计划不能落实；种种原因叠加在一起，导致工期一再被延误。1995年8月底，Ⅱ标承包商即提出导流洞、进水塔、明流洞、排沙洞的完工日期比投标时确定的完工日期拖后8~11个月。该项延期意味着工程截流时间将较合同规定推迟一年，从而给业主造成政治上和经济上的巨大损失。为了赶回工期，业主与Ⅱ标联营体责任公司就确保1997年按期截流，举行赶工谈判，历时近4个月未达成协议。在按期截流形势十分严峻的情况下，工程师、业主、水利部专家组建议，水利部党组果断决定：引进中国成建制施工单位，从承包商手中分包关键的导流洞开挖及混凝土浇筑施工。中国水利水电第十四工程局、第三工程局、第四工程局、第一工程局组成的联营体（OTFF）以劳务分包的形式承担了三条导流洞的施工。经过13个月的艰苦施工，抢回了被延误的工期，从而实现了按期截流。截流后大坝进入基坑开挖、高强度填筑施工。由于机械化程度高，设备性能好，大坝标施工一直超前于合同计划。1998年长江、松花江、嫩江大洪水后，为防御可能到来的大洪水，承包商提出、业主同意加速大坝施工，使1999年6月30日大坝高程达到220m，达到防御500年一遇洪水能力，提高了工程自身的安全系数，也为黄河下游防洪提供了保障。发电设施标因厂房顶拱增加预应力锚索，使施工进度被严重推迟。承包商提出业主、工程师同意，从17号洞打一条交通洞（17C），绕过地下厂房至发电洞下平段，提前进行发电洞下平段和斜井段施工，挽回了因厂房顶拱锚索施工延误的工期。

合同是小浪底工程处理甲乙双方关系的法律准绳，是工程建设管理活动的基础。在20世纪90年代，合同在小浪底工程中的地位与合同管理的大环境不匹配，使得合同管理工作处在学习、应用、碰撞、磨合的状态。国际承包商认为合同是刚性的，一切按合同规定办，国内却还习惯于“业主”意志、“长官”意志，把合同看成是可以根据自己意愿修改的一种形式。设计变更、市场供应的变化，往往造成业主违约，国家法令法规修改也带来合同规定的业主风险。依据合同进行工程建设管理是小浪底工程的崭新课题。小浪底工程承包商先后以“不可预见地质条件”、赶工、后继法规变化等理由，向业主提出了巨额索赔。截流以后，业主、工程师集中进行了承包商提出的各种索赔的处理。业主与承包商在导流洞开挖、截流赶工等方面形成争议。Ⅱ标形成两个大的合同争议，Ⅲ标形成一个合同争议。经双方协商，同意由国际知名专家组织争议评审团（DRB）处理有关争议。在国家计委（发改委）、水利部的大力支持下，小浪底建管局按照“扫清外围，集中重点，先易后难”的索赔处理策略和尽量通过协商谈判解决争议的原则，经过周密组织，艰苦谈判，各项争议于2001年7月全部通过协商解决。

回顾工程的建设历程，从1991年9月12日开始进行前期准备工程施工，1994年9月1日主体工程正式开工，1997年10月28日截流，2000年初第一台机组投产发电，到2001年底主体工程全部完工，取得了工期提前、投资节约、质量优良的好成绩。作为我国第一个建设管理体制全方位与国际接轨的水利工程，通过引进世界银行贷款，进行国际招标，全面推行项目业主责任制、招标投标制、建设监理制、合同管理制，在工程建设管理模式等方面进行了理论和实践的创新，被世界银行称为与发展中国家合作的典范。工程建设过程中，积极引进，大胆创新，广泛采用新技术、新工艺、新方法、新材料以及先进的大型施工设备，成功地解决了许多处于国内、国际前沿的工程技术问题和建设管理问题，取得了一批重要技术成果，创造了多项纪录。小浪底水利枢纽工程的建成，既是我国综合国力提高的具体体现，又是改革开放的重大成果，更是我国几代水利人集体智慧的结晶。2001年小浪底水利枢纽投入运用以来，在防洪、防凌、减淤、供水和发电等方面发挥了显著的作用，为维持黄河健康生命提供了基础和保障，为保障流域中下游地区社会经济的发展提供了基础。

作为小浪底工程的建设者之一，亲身经历了工程建设的峥嵘岁月，对小浪底工程的建设管理工作有着非常深刻的体会和理解，今将这些来自工程建设管理一线丰富的建设

经验、技术成果、管理成就编撰成书，以资为水利水电工程建设的华章，特别是大型水利水电国际性工程建设管理添加浓墨重彩的一笔。在本书编写过程中，得到了水利部小浪底水利枢纽建设管理局档案馆的大力支持，参阅了许多现场施工记录、工作总结、技术报告、阶段性验收资料等文献，以及作者同事撰写的论文、论著和交流材料，在此向档案馆的工作人员、论文论著和交流材料的作者表示衷心感谢。同时，向参与本书编写和提供素材的殷保合、董德中、陈怡勇、张利新表示衷心的感谢。

限于作者的水平，书中难免有不妥之处，敬请同行专家批评指正。

张基尧

2008年12月



Contents 目录

前言

• 综 述 篇 •

第一章 小浪底工程建设背景	3
第一节 黄河流域基本情况	3
第二节 黄河下游的水沙态势	4
第三节 黄河下游治理面临的主要问题	5
第二章 小浪底工程开发目标	9
第一节 工程地理位置和水文地质条件	9
第二节 工程开发目标和主要作用	10
第三章 利用外资建设小浪底工程	14
第一节 工程建设资金筹措	14
第二节 世行贷款的申请和评估	16
第三节 项目总体执行情况	18
第四章 小浪底工程国际招标	21
第一节 工程的组成和规模	21
第二节 工程各标段划分方案	23
第三节 土建工程国际招标	25
第四节 机电及金属结构设备采购招标	34
第五章 与国际工程建设接轨的管理体制	44
第一节 国际工程背景下的项目业主责任制	44
第二节 符合国际工程建设要求的项目管理模式	45
第三节 工程建设项目管理体系	51
第六章 小浪底工程建设历程	56
第一节 准备工程施工	56
第二节 主体工程施工	57
第七章 工程建设取得的成就和经验	60

第一节	工程建设取得的技术创新成就	60
第二节	工程建设取得的管理成就	62
第三节	工程建设取得成功的基本经验	63
第四节	工程投入运行以来的社会效益	66

• 技 术 篇 •

第八章	大坝工程施工技术	73
第一节	大坝工程施工综述	73
第二节	大坝基础处理施工技术	79
第三节	大坝填筑施工技术	84
第四节	高土石坝联合机械化作业高强度施工技术	93
第五节	混凝土槽孔防渗墙施工技术应用	98
第六节	高压旋喷灌浆技术的应用	103
第七节	GIN 法帷幕灌浆技术的应用	109
第九章	泄洪排沙建筑物施工技术	131
第一节	泄洪排沙建筑物施工综述	131
第二节	泄洪排沙建筑物布置特点	133
第三节	进水塔群施工	137
第四节	导流洞施工	140
第五节	排沙洞工程施工	144
第六节	明流洞工程施工	147
第七节	正常溢洪道工程施工	149
第八节	消力塘工程施工	150
第九节	导流洞改建为多级孔板消能泄洪洞施工	155
第十节	ROTEC 系统在进出口工程混凝土施工中的应用	157
第十章	引水发电建筑物施工技术	164
第一节	引水发电建筑物施工综述	164
第二节	地下厂房开挖施工	166
第三节	预应力锚杆混凝土岩壁吊车梁施工	174
第四节	厂房机坑混凝土施工	177
第五节	尾水洞的开挖支护和衬砌	178
第六节	压力钢管制作、安装技术	183
第十一章	金属结构设备安装技术	190
第一节	工作闸门及液压启闭机安装	190
第二节	事故闸门及固定卷扬启闭机安装	192
第三节	检修门和拦污栅安装	194

第四节	塔顶门机安装	195
第五节	厂房大型桥吊安装及荷载试验	196
第十二章	发电设备安装技术	207
第一节	发电设备概况	207
第二节	水轮机设备安装	212
第三节	发电机设备安装	215
第四节	电气设备安装	218
第五节	水轮机蜗壳起始段焊接技术	221
第六节	发电机转子圆盘支架现场焊接	227
第七节	水轮机转轮裂纹处理技术	235

• 管 理 篇 •

第十三章	小浪底工程合同管理	247
第一节	工程合同管理依据和特点	247
第二节	合同管理机构	250
第三节	土建工程国际标项目合同管理	253
第四节	土建工程国内标项目合同管理	255
第五节	机电设备国际标合同管理	256
第六节	机电设备国内标合同管理	261
第七节	国际工程合同管理的经验和体会	263
第十四章	工程合同变更处理	267
第一节	FIDIC 关于合同变更的定义	267
第二节	变更的原因及分类	267
第三节	变更处理程序	270
第四节	变更对费用、工期的影响	273
第五节	三个国际标合同变更处理	275
第六节	变更处理的经验和教训	278
第十五章	工程合同索赔处理	280
第一节	索赔的原因及分类	280
第二节	索赔的处理程序和方法	282
第三节	工程主要索赔处理结果	284
第十六章	工程合同争议处理	301
第一节	FIDIC 合同争议评审程序和方式	301
第二节	工程建设中发生的主要争议	303
第三节	DRB 机制及其作用	312

第四节	争议解决的技术协商和商务谈判	313
第五节	国际仲裁准备	316
第六节	业主与水轮机制造商合同争议处理	319
第七节	索赔和合同争议处理的体会	322
第十七章	工程技术管理	326
第一节	以业主总工程师为中心的技术管理体系	326
第二节	技术咨询	330
第三节	科学试验与研究	338
第四节	重大技术创新	340
第十八章	工程质量、安全控制	346
第一节	工程质量控制体系的建立	346
第二节	建设过程的质量控制	350
第三节	施工质量的评定及评价	356
第四节	工程安全生产管理特点	364
第五节	工程安全生产管理体系	365
第六节	施工现场安全管理	370
第七节	安全生产管理的经验与体会	376
第十九章	工程施工环境质量控制	378
第一节	小浪底环境影响评价	378
第二节	小浪底施工区工程环境管理	380
第三节	水土保持与生态恢复	390
第二十章	工程物资供应与管理	393
第一节	工程物资供应与管理概要	393
第二节	工程物资管理的基本原则	395
第三节	物资供应计划、支付和采购管理	398
第四节	材料质量控制	402
第五节	材料调差管理	403
第六节	材料索赔管理	407
第七节	物资管理取得的成就和经验	410
第二十一章	工程投资控制与支付管理	414
第一节	投资控制计划	414
第二节	投资控制的主要内容和方法	415
第三节	支付管理	423
第四节	国际标合同支付案例	430
第二十二章	工程施工监理	437
第一节	工程施工监理的特点	437

第二节	工程监理的组织机构	439
第三节	监理在工程建设中的作用	440
第四节	监理在投资控制中的作用	442
第五节	监理在变更、索赔处理中的作用	444
第六节	小浪底工程监理的体会	446
第二十三章	工程阶段性验收和竣工验收准备.....	448
第一节	工程验收的分类、特点和依据	448
第二节	工程各阶段性验收	449
第三节	工程竣工验收准备	460
参考文献及资料		469

综 述 篇



第一章 小浪底工程建设背景

第一节 黄河流域基本情况

黄河发源于青藏高原巴颜喀拉山北麓海拔 4500m 的约古宗列盆地，流经海拔 3000m 以上的青藏高原，海拔 1000~2000m 之间的世界上最大、水土流失最严重的黄土高原，海拔 100m 以下的黄淮海平原，在山东省垦利县注入渤海，干流河道全长 5464km，流域面积 75.3 万 km²。

内蒙古托克托县河口镇以上为黄河上游，干流河道长 3472km，流域面积 39.6 万 km²。在黄河流域内该河段具有三个特点：①上部的兰州以上黄河水量的主要来源区、沙量相对较少；②中部的龙羊峡至青铜峡河段水力资源丰富；③下部的河套平原是黄河流域最富饶的地区之一，存在一定的防洪防凌问题。河口镇至河南郑州桃花峪为黄河中游，干流河道长 1206km，流域面积 34.4 万 km²。该河段具有四个特点：①河口镇至三门峡区间为黄土高原地区，暴雨集中，水土流失十分严重，是黄河下游洪水和泥沙的主要来源区；②上部的河口镇至禹门口河段和下部的潼关至小浪底河段水力资源较丰富，并且距电力负荷中心近；③河口镇至禹门口区间煤炭资源丰富；④中部的禹门口至潼关河段，河道宽浅散乱，存在一定的河道治理问题，三门峡水库运用对本河段以下的潼关至三门峡大坝河段也造成了一定塌岸问题。在本河段汇入的渭河和在中游下部汇入的沁河等重要支流的下游地区经济社会较为发达，存在一定的防洪问题。桃花峪以下为黄河下游，干流河道长 786km，流域面积 2.2 万 km²，除艾山附近为山区丘陵外，其余全靠堤防约束洪水泥沙。由于泥沙淤积，使该河段成为世界上著名的地上悬河，河道成为淮河和海河的分水岭。黄河下游堤防保护是因黄河在历史上决口改道淤积形成的、绝大部分属于淮河和海河流域的、我国最大的平原——黄淮海平原，是我国经济社会的核心地区之一，历史上堤防频繁决口改道，黄河洪水泥沙对黄淮海平原带来巨大灾难，为中华民族的心腹之患。

黄河流域有青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南、山东等 9 省（自治区）的 340 个县（市、旗），2005 年人口 11275 万人，耕地面积 1624.1 万 hm²（24362 万亩），国内生产总值 12150 亿元，经济发展水平较低。流域战略地位重要，区域优势明显，土地、矿产资源特别是能源资源十分丰富，开发潜力巨大，在国民经济发展的战略布局中，具有承东启西的重要作用。

黄河下游堤防保护的黄淮海平原包括河南、山东、安徽、江苏和河北 5 省的部分地区。从周定王五年（公元前 602 年）到 1938 年花园口扒口的 2540 年中，有记载的决口泛

滥年份有 543 年,决堤次数达 1590 余次,经历了 5 次大改道和迁徙,洪水泥沙波及范围北达天津,南抵江淮,纵横 25 万 km^2 ,造成了巨大灾难。根据历史洪泛情况,结合现在的地形地物变化分析推断,在不发生重大改道的条件下,洪水泥沙波及范围约 12 万 km^2 ,涉及 5 省 110 个县(市),2005 年区内人口 9064 万人,耕地 746.2 万 hm^2 (11193 万亩),国内生产总值 10615 亿元,是我国重要的粮棉基地,区内还有石油、化工、煤炭等工业基地,在我国经济发展中占有重要地位。黄河堤防一旦决口,除洪水淹没带来的直接损失外,洪水携带的泥沙沙化农田,压没城市、农村、道路和工矿,堵塞治淮、治海水系和灌溉渠道,巨大的间接损失难以计算,破坏的生态环境长期难以修复。黄河下游防洪治理历来受到政府的高度关注,也是黄河防洪的重中之重。

第二节 黄河下游的水沙态势

一、暴雨洪水突出

黄河洪水按其成因可分为暴雨洪水和冰凌洪水两种类型。暴雨洪水主要来自中游地区和上游兰州以上地区,洪水发生时间为 6~10 月。兰州以上地区雨区广,降雨强度较小,洪水洪峰流量不大,历时较长,是宁蒙河段的主要成灾洪水,但只能形成中下游洪水的基流。中游地区暴雨频繁、强度大、历时短,形成的洪水具有洪峰高、历时短、含沙量大、陡涨陡落的特点,是黄河下游的主要成灾洪水。中游大洪水按来源区分为两种类型,以三门峡以上来水为主的洪水称为“上大洪水”,以三门峡至花园口区间来水为主的洪水称为“下大洪水”,“上大洪水”与“下大洪水”不遭遇。经对设计洪水分析计算,流域面上水土保持、水库建设(以下游防洪为主的水库调节超标洪水除外)和水资源利用对中常洪水影响较大,对设计洪水影响不大,对中常洪水的影响使河道冲淤特性变化较大。冰凌洪水主要发生在黄河下游及上游宁蒙河段,黄河下游多发生在 2 月,宁蒙河段多发生在 3 月。冰凌洪水峰低量小、历时短、来势猛、水位高,防守难度大。

二、水沙关系不协调

黄河水沙具有水少沙多、水沙关系不协调的显著特点。主要表现三个特点:①水少沙多,进入黄河下游天然水量仅有 560 亿 m^3 ,输沙量高达 16 亿 t,多年平均含沙量 28.6 kg/m^3 ,实测最大含沙量 911 kg/m^3 (1977 年),输沙量和含沙量均为大江大河之最;②水沙异源,水量主要来自上游兰州以上,沙量主要来自河口镇至三门峡区间,兰州以上来水占全河 55.6%,远超过流域面积占全河流域面积 30% 的比例,河口镇至三门峡区间来沙占全河 91%,远高于流域面积占全河 46% 的比例;③天然水沙量分布不均,主要集中在汛期 7~10 月,水量约占全年的 60%,沙量更为集中,占 90%,且往往集中在几场洪水,水沙量年际间变化也很大,沙量更为集中,往往集中在几个大沙年份。

20 世纪 50 年代以来,黄土高原地区大规模开展了水土保持,20 世纪 70 年代已经初见成效,到规划现状年,平均每年可减少入黄泥沙 3 亿 t 左右,约占来沙量的 20%,总减少量约达 100 亿 t,为减少下游河道淤积作出了巨大贡献。但是随着流域经济社会用水发