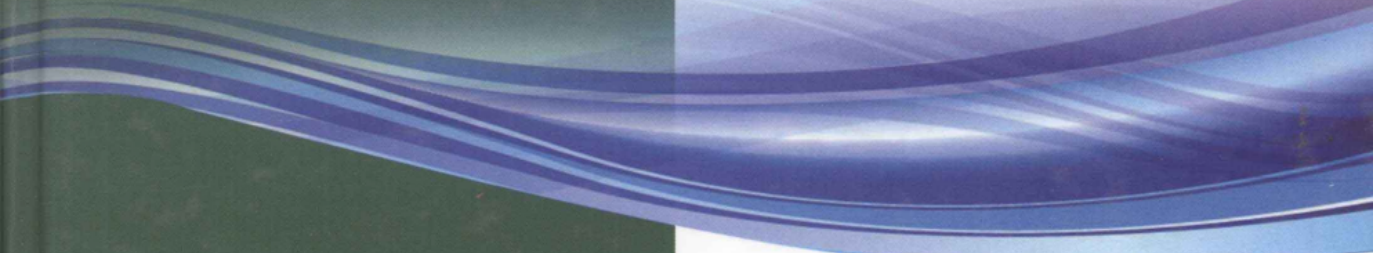
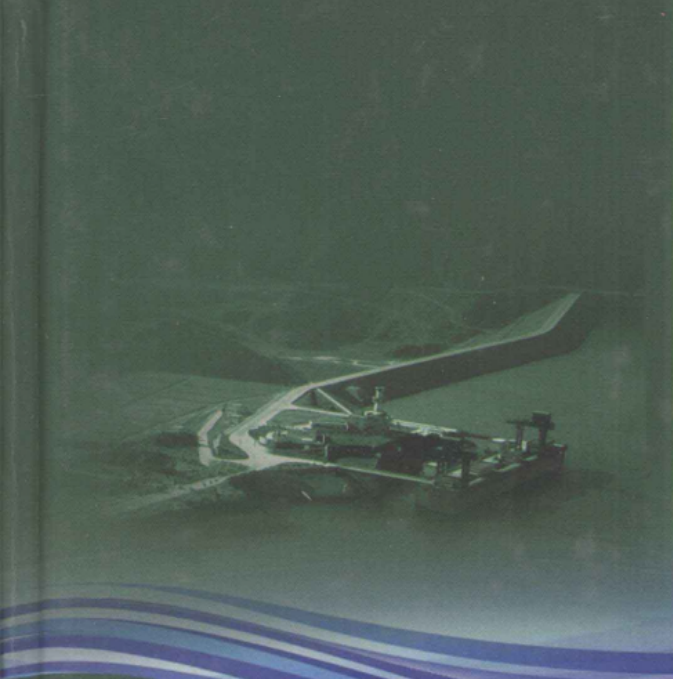


总 主 编 殷保合

副总主编 张善臣



小浪底 水利枢纽运行管理

XIAOLANGDI

SHUILI SHUNIU YUNXING GUANLI
GUANLIJUAN

管理卷



黄河水利出版社

小浪底水利枢纽运行管理

· 管理卷 ·

总 主 编 殷保合
副总主编 张善臣

黄河水利出版社
· 郑州 ·

内 容 简 介

小浪底水利枢纽建设管理局水力发电厂在十余年的枢纽运行管理工作中,借鉴国内外水电企业先进管理经验,不断探索和创新,逐步形成了与小浪底水利枢纽运行管理相适应的管理体制。本书从生产准备、制度建设、运行管理等方面介绍了小浪底水利枢纽建设管理局水力发电厂的各项管理模式、管理机制和管理实践。全书共分 15 章,内容包括主体工程概况、电厂筹建、人员培训、生产准备、安全管理、运行管理、技术管理、检修管理、物资管理、枢纽防汛和大坝安全会商、精神文明建设及党群工作、创建一流水力发电厂、职业健康安全管理体系认证、西霞院电站生产准备、枢纽综合效益等。

图书在版编目(CIP)数据

小浪底水利枢纽运行管理. 管理卷/殷保合主编;张利
新分册主编. —郑州:黄河水利出版社,2011. 12
ISBN 978 - 7 - 5509 - 0149 - 0

I. ①小… II. ①殷…②张… III. ①黄河 - 水利
枢纽 - 运行 - 管理 - 洛阳市 IV. ①TV632. 613

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 249438 号

组稿编辑:王琦 电话:0371 - 66023343 E-mail:wq3563@163.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhsclchs@126.com

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:10

字数:230 千字

印数:1—1 000

版次:2011 年 12 月第 1 版

印次:2011 年 12 月第 1 次印刷

定价:40.00 元

《小浪底水利枢纽运行管理》丛书 编委会

总 主 编:殷保合

副总主编:张善臣

委 员:董德中 陈怡勇 曹应超 张利新
崔学文 刘云杰

《小浪底水利枢纽运行管理·管理卷》 编委会

主 编:张利新

副主编:李明安 肖 明 肖 强 石月春
王全洲 詹奇峰 王鹏程

《小浪底水利枢纽运行管理·管理卷》编写人员名单

章节	主要编写人
第一章 主体工程概况	王全洲
第二章 电厂筹建	肖 明
第三章 人员培训	肖 明 李玉明
第四章 生产准备	肖 明 李向涛
第五章 安全管理	刘连军 李玉明
第六章 运行管理	肖 明 王全洲
第七章 技术管理	王全洲 詹奇峰
第八章 检修管理	陈 伟
第九章 物资管理	许 滔
第十章 枢纽防汛和大坝安全会商	魏 皓 屈章彬
第十一章 精神文明建设及党群工作	肖 明 姚庆云
第十二章 创建一流水力发电厂	卢建勇
第十三章 职业健康安全管理体系认证	王全洲
第十四章 西霞院电站生产准备	李 鹏 詹奇峰 杨战伟
第十五章 枢纽综合效益	王鹏程 屈章彬

前 言

中央水利工作会议是新中国成立以来第一次以中央名义召开的水利工作会议,是继 2011 年中央 1 号文件后党中央、国务院再次对水利工作作出动员部署的重要会议,必将成为新中国水利事业继往开来的里程碑,开启我国水利事业跨越式发展的新征程。

黄河小浪底水利枢纽工程是国家“八五”重点建设项目,是黄河治理开发的关键控制性工程。在“八五”期间开工兴建,工程总工期 11 年,2001 年底主体工程全部完工,2009 年 4 月 7 日顺利通过国家竣工验收。小浪底水利枢纽工程开创了世界多沙河流上建设高坝大库的成功先例,工程建设水平步入了世界先进行列,为我国大型水利水电工程积累了现代建设管理与国际合作经验,成为世界了解中国水利水电建设与发展的重要窗口。小浪底水利枢纽工程先后荣获国际堆石坝里程碑工程奖、新中国成立 60 周年“百项经典暨精品工程”称号、中国土木工程詹天佑奖、中国水利工程优质(大禹)奖、中国建设工程鲁班奖(国家优质工程)等奖项。

小浪底水利枢纽工程投入运行以来,持续安全稳定运行,发挥了巨大的综合效益;有效缓解了黄河下游洪水威胁,基本解除了黄河下游凌汛威胁,黄河下游连续 12 年安全度汛;成功进行了 13 次调水调沙运用,减少了下游河道泥沙淤积,大大增加了下游主河道的过流能力;实现了黄河连续 12 年不断流,并多次进行跨流域调水运用;黄河生态系统得到修复和改善;充分发挥了清洁能源、可再生能源的优势,为地区经济社会发展作出了积极的贡献。

运行实践证明,小浪底水利枢纽工程对维持黄河健康生命,保障黄河下游防洪及供水安全,保护中下游生态环境,促进黄河下游两岸经济社会可持续发展具有不可替代的战略作用,是重要的民生工程,做好枢纽运行管理工作具有十分重要的意义。多年以来,小浪底水利枢纽建设管理局始终高度重视安全生产工作,牢固树立民生工程理念,坚持水资源统一调度、公益性效益优先、电调服从水调的原则,在枢纽安全管理、调度运用和运行管理等方面,做了很多卓有成效的工作。

本丛书分管理、发电、水工三卷,翔实记录了小浪底水利枢纽投入运行以来各个方面的运行管理工作,并对运行管理工作的经验和体会进行了全面系统总结,旨在为进一步提高枢纽运行管理水平提供借鉴。

本书成稿之际,正值全国上下认真贯彻落实中央水利工作会议精神的关键时期。小浪底水利枢纽建设管理局将以科学发展观为指导,深入贯彻落实中央水利工作会议精神,积极实践可持续发展治水思路,按照水利部党组“争当水利行业排头兵”和“六个一流”的要求,抓住机遇、迎接挑战,开拓进取、真抓实干,管好民生工程,谋求多元发展,努力推动水利建设实现跨越式发展,为实现全面建设小康社会宏伟目标提供更为有力的水利保障。

编 者

2011 年 11 月

目 录

第一章 主体工程概况	(1)
第一节 枢纽开发目标和在治黄中的地位	(1)
第二节 工程技术特征指标	(3)
第三节 工程布置	(5)
第四节 工程金属结构及机电设备	(8)
第五节 工程建设过程	(10)
第二章 电厂筹建	(12)
第一节 调研情况	(12)
第二节 组织机构筹建	(14)
第三章 人员培训	(17)
第一节 培训计划	(17)
第二节 运行人员的培训	(18)
第三节 检修维护人员的培训	(20)
第四节 培训经验	(22)
第四章 生产准备	(24)
第一节 “建管结合,无缝交接”模式	(24)
第二节 建章立制	(26)
第三节 工器具准备	(29)
第四节 生产管理信息系统建设	(31)
第五节 计算机监控系统联合开发	(32)
第六节 发现和解决的问题	(35)
第七节 接机发电	(37)
第五章 安全管理	(39)
第一节 概 述	(39)
第二节 安全管理	(39)
第三节 应急管理	(53)
第六章 运行管理	(58)
第一节 枢纽运行的组织机构	(58)
第二节 枢纽运行管理	(60)
第三节 生产调度管理	(70)
第七章 技术管理	(74)
第一节 设备管理	(74)
第二节 可靠性管理	(78)

第三节	技术监督	(78)
第四节	事故备品管理	(81)
第五节	外委项目管理	(82)
第八章	检修管理	(84)
第一节	机组检修等级和检修计划	(84)
第二节	A 级检修管理	(86)
第三节	C 级检修管理	(91)
第九章	物资管理	(96)
第一节	物资管理机构及职责分工	(96)
第二节	物资计划管理	(98)
第三节	物资采购管理	(99)
第四节	物资仓储管理	(101)
第五节	物资储备定额管理	(103)
第六节	物资管理信息系统	(104)
第十章	枢纽防汛和大坝安全会商	(106)
第一节	枢纽防汛	(106)
第二节	大坝安全会商	(111)
第十一章	精神文明建设及党群工作	(114)
第一节	精神文明建设	(114)
第二节	党、工、团组织在枢纽管理中的作用	(117)
第十二章	创建一流水力发电厂	(122)
第一节	发电企业“双达标,创一流”	(122)
第二节	“双达标,创一流”目标的提出	(124)
第三节	“双达标,创一流”工作开展	(124)
第十三章	职业健康安全管理体系认证	(129)
第一节	职业健康安全管理体系认证前期准备工作	(129)
第二节	职业健康安全管理体系认证工作开展	(135)
第十四章	西霞院电站生产准备	(139)
第一节	西霞院工程概述	(139)
第二节	两站统一调度的技术方案实施	(140)
第三节	生产准备	(143)
第十五章	枢纽综合效益	(147)

第一章 主体工程概况

第一节 枢纽开发目标和在治黄中的地位

一、小浪底水利枢纽的地理位置及开发目标

小浪底水利枢纽(简称小浪底工程)位于黄河中游最后一个峡谷的出口,坝址上距三门峡水利枢纽 130 km,下距黄河花园口 128 km,控制黄河流域天然径流总量的 87%,控制黄河花园口以上天然径流量的 92.3%,以及控制黄河总输沙量的近 100%,是黄河下游治理的控制性骨干工程。小浪底水利枢纽地理位置见图 1-1。

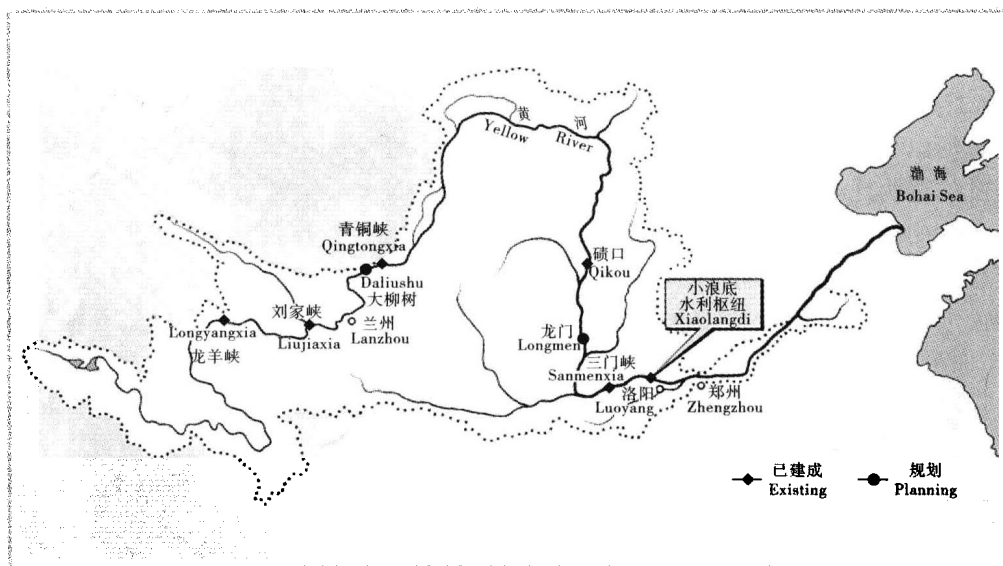


图 1-1 小浪底水利枢纽地理位置图

按照合理拦排、综合兴利的工程规划思想,确定枢纽的开发目标是“以防洪、防凌、减淤为主,兼顾供水、灌溉和发电,蓄清排浑,除害兴利,综合利用”。

小浪底工程设计水库最高运用水位 275 m,水库总库容 126.5 亿 m^3 。按千年一遇洪水设计,万年一遇洪水校核,规划水库防洪库容 40.5 亿 m^3 ,调水调沙库容 10.5 亿 m^3 ,防洪库容和调水调沙库容共 51 亿 m^3 ,为长期有效库容,汛期用以削减洪峰和调节水沙,非汛期用以调节径流和控制凌汛期的下泄流量。其余 75.5 亿 m^3 为淤沙库容,用以拦截上游的来沙,减少黄河下游河床的淤积。

二、小浪底工程在治黄中的地位

小浪底工程的兴建揭开了黄河开发治理的新篇章,成为治黄的里程碑工程。小浪底工程在治黄中的地位主要体现在以下几个方面。

(一) 提高了黄河下游的防洪标准

小浪底工程的主要开发目标是防洪。尽管人民治黄 60 多年来取得了巨大的成就,建设了“上拦下排,两岸分滞”的防洪体系,但防护标准不高。由于黄河下游河道高悬于两岸地面,一旦溃决后果不堪设想。小浪底工程具有 40.5 亿 m^3 长期有效的防洪库容,在出现千年一遇洪水 42 300 m^3/s 的情况下,小浪底工程和三门峡、故县、陆浑水库联合调度,可使花园口的流量不超过现在的设防标准。小浪底工程的投入运用,可使黄河下游的防洪标准相对花园口断面从 60 年一遇提高到 1 000 年一遇。

进入 20 世纪 90 年代以来,黄河连续出现枯水年。在大河断流愈演愈烈的同时,主槽萎缩,过流能力由通常的 6 000 ~ 7 000 m^3/s 降低到不足 3 000 m^3/s 。1997 年汛期 7 500 m^3/s 洪水沿河各站的水位普遍高出 1958 年 22 000 m^3/s 的实测洪水位 1 ~ 2 m。小浪底工程除提高了下游的防洪标准外,通过水库初期蓄水拦沙下泄清水和调水调沙运用,对下游主河槽行洪能力的恢复将起积极促进作用。

(二) 基本解除了下游凌汛威胁

黄河出小浪底峡谷后逐渐呈悬河态势进入下游黄淮海平原。黄河在河南的河段为宽浅散乱的游荡性河道,一般堤距宽 5 ~ 10 km,最宽达 24 km,然后呈东北流向至山东入海。山东河段的黄河堤距一般宽 1 ~ 3 km,最窄只有 0.5 km,为弯曲性河道,形成泄洪能力上大下小的不利局面。由于纬度的差别,山东河段封河一般比河南河段早 10 天左右,开河比河南河段晚 20 天左右。封河期因冰凌阻水,泄流不畅,增加河道蓄水量;开河时上段先开,而下段尚未解冻,容易形成冰塞、冰坝,使水位骤涨,造成凌汛。

三门峡水利枢纽建成并担负防凌任务以来,对黄河下游防凌起到积极作用。但是三门峡水库防凌限制水位由于受潼关高程的制约只能到 326 m,最大蓄水量 18 亿 m^3 ,不能满足防凌要求。小浪底工程投入运用以后,可提供 20 亿 m^3 的防凌库容并先期投入防凌运用,不足部分由三门峡水库承担,这样可基本解除下游的凌汛威胁。

(三) 一定时段内遏制了黄河下游河床淤积的态势

减少下游河床淤积是小浪底工程的主要开发目标之一。小浪底工程淤沙库容 75.5 亿 m^3 ,可拦沙约 100 亿 t。小浪底工程设计水平的黄河年均输沙量为 13.35 亿 t,集中来自汛期。由统计资料分析,年均输沙量大约 1/4 淤积在下游河床,1/4 淤积在河口三角洲。按照水库减淤运用的原则,小浪底工程投入运用初期,汛期最低运用水位 205 m,待 205 m 以下的库容淤满后,随水库淤积的发展逐渐抬高运用水位,利用 6 亿 ~ 8 亿 m^3 调水调沙库容,以“两极分化”的泄流方式,控制水库淤积形态,达到拦粗排细的目的。小浪底水库从 2002 年开始至 2011 年共进行了 13 次调水调沙,下游主河槽过流能力由 1 800 m^3/s 提高到 4 100 m^3/s 。小浪底水库拦蓄泥沙及调水调沙运用,减少了下游河床淤积,使下游河床 20 ~ 25 年基本不淤积抬高,从而为黄河的治理赢得宝贵的时间。

(四) 提高了黄河下游灌溉供水保证率

黄河是下游河南、山东最重要的水源。随着国民经济的发展,城市及工业用水量也大大增加。此外,黄河还担负着引黄济青、引黄入淀等向华北供水的任务。下游来水主要靠上中游的产流和调节。由于缺乏足够的调节能力,有限的水资源得不到充分利用,灌溉供水保证率很低,每到5月、6月频频发生断流。据统计,1980~1990年累计断流191天。进入20世纪90年代以来,由于黄河连续的枯水年,断流现象愈演愈烈。1992年黄河利津站断流83天;1997年黄河下游断流26次,累计226天,断流河段长达702 km。小浪底工程投入运用以后,平均每年可增加下游17.9亿 m^3 的调节水量。通过科学调度,保证了黄河连续12年不断流,提高了下游地区266.67万 hm^2 灌区的灌溉保证率,缓解了工农业生产和生活用水的紧张局面。

(五) 有效改善了河南电网的电源结构

小浪底水电站地处河南,是河南电网中最大的水电厂。原设计220 kV出线6回,其中1回备用。随河南电网的发展,至2011年,小浪底水电站共有7回220 kV出线,其中4回接入豫西500 kV枢纽变电站——牡丹变电站,1回经西霞院电站接入洛阳吉利变电站,1回接入济源荆华变电站(2007年投运),1回接入济源变电站(2011年投运),是豫西地区重要的电源点。

河南电网作为华中电网的重要组成部分,是全国联网的电力枢纽,华北、华中和西北三大电网在此实现互联,在国家“西电东送、南北互供”的能源整体格局中具有举足轻重的地位和作用。近年来,河南电网发展迅速,装机容量大幅增加,截至2010年年底,全省总装机容量达50 570 MW,但河南电网以火电为主,电源结构相对单一,水电装机容量仅占全省总装机容量的7.5%。近年来,全国范围内阶段性的电、煤、油、运矛盾突出,火电机组受电煤供应影响大幅减发。随着河南省国民经济的快速增长,全省用电负荷持续快速攀升,电力供应数次出现紧张形势。小浪底水电站的投入运用,有效改善了河南电网的电源结构,丰富了电网的调整手段,提高了电网的供电质量。在以火电占绝对比重的河南电网中,小浪底水电站承担着整个河南电网的调峰、调频和事故备用等重要任务,在用电高峰做到稳发、满发,有效缓解了河南电网电力供应紧张形势,最大限度地满足了全省工农业生产和人民群众的用电需求,对保证电网安全运行和全省可靠供电发挥了火电机组不可替代的重要作用。

综上所述,小浪底工程的建成投用在国民经济中将发挥越来越大的作用,为黄河的治理开创了新的局面。水利部领导提出了“堤防不决口,河道不断流,水质不超标,河床不抬高”的黄河下游治理目标,在实现这个目标的过程中,小浪底工程无疑将担任重要的角色。

第二节 工程技术特征指标

一、主要技术特征指标

小浪底工程主要技术特征指标如下:

正常高水位:275 m。

正常死水位:230 m。

水库总库容:126.5 亿 m^3 。

其中,防洪库容:40.5 亿 m^3 ;

调水调沙库容:10.5 亿 m^3 ;

淤沙库容:75.5 亿 m^3 。

水库调节性能:不完全年调节。

设计洪水位(0.1%):274 m。

校核洪水位(0.01%):275 m。

设计洪水位时最大泄流量:13 480 m^3/s 。

校核洪水位时最大泄流量:13 990 m^3/s 。

正常死水位时最大泄流量:8 048 m^3/s 。

总装机容量:1 800 MW。

设计多年平均发电量:45.99 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ /58.51 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ (前 10 年/10 年后)。

实测最大日均含沙量:482 kg/m^3 。

实测瞬时最大含沙量(1997 年 7 月):941 kg/m^3 。

实测多年平均输沙量:13.51 亿 t。

实测多年平均径流量:405.5 亿 m^3/s 。

多年平均流量:1 342 亿 m^3/s 。

小浪底工程建成后,与三门峡、陆浑、故县水库联合运用,可使黄河下游防洪标准由 60 年一遇提高到 1 000 年一遇;与三门峡水库联合运用,可基本解除下游凌汛威胁;采用蓄清排浑运用方式,可使下游河道 20 年不淤高;多年平均增加调节水量 20 亿 m^3 ,可提高 266.67 万 hm^2 灌区的灌溉保证率,改善下游灌溉、供水条件;安装 6 台 300 MW 水轮发电机组,总装机容量 1 800 MW,设计多年平均发电量前 10 年为 45.99 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$,10 年后为 58.51 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$,平均多年发电量为 51 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

二、主要工程量

小浪底工程主要设计工程量如下:

土石方明挖:3 625 万 m^3 。

石方洞挖:280 万 m^3 。

土石方填筑:5 573 万 m^3 。

混凝土及钢筋混凝土:348 万 m^3 。

金属结构安装:3 万 t。

机电设备安装:3.09 万 t。

帷幕灌浆:21 万 m。

固结灌浆:35 万 m。

三、投资和工期

国家计委批复小浪底工程总投资 347.24 亿元人民币,其中内资 254.97 亿元人民币,

外资 11.09 亿美元。

工程总投资包括枢纽投资和移民投资两部分。枢纽投资 260.49 亿元人民币,其中内资 177.37 亿元人民币,外资 9.99 亿美元;移民投资 86.75 亿元人民币,其中内资 77.6 亿元人民币,外资 1.1 亿美元。

概算资金来源为:政府拨款 227.74 亿元人民币,国家开发银行贷款 25.23 亿元人民币,中国建设银行贷款 2 亿元人民币,世界银行硬贷款 8.9 亿美元,世界银行软贷款 1.1 亿美元,出口信贷和国际商业贷款 1.09 亿美元。

小浪底工程总工期 11 年,其中前期准备工程工期 3 年,主体工程工期 8 年。

第三节 工程布置

一、工程组成

小浪底工程由拦河大坝、泄洪排沙建筑物和引水发电建筑物三部分组成。大坝为壤土斜心墙堆石坝,最大坝高 160 m,坝顶长 1 667 m;泄洪排沙建筑物包括 10 座进水塔、3 条直径为 14.5 m 的孔板消能泄洪洞、3 条断面尺寸为 $(10 \sim 10.5) \text{ m} \times (11.5 \sim 13) \text{ m}$ 的明流泄洪洞、3 条直径为 6.5 m 的排沙洞、1 条灌溉洞、1 条正常溢洪道和 1 个两级消能消力塘;引水发电建筑物包括 6 条直径为 7.8 m 的引水发电洞,1 座长 251.5 m、跨度 26.2 m、最大开挖深度 61.44 m 的地下厂房及尾水洞、尾水渠和防淤闸等。小浪底水利枢纽总体布置见图 1-2。

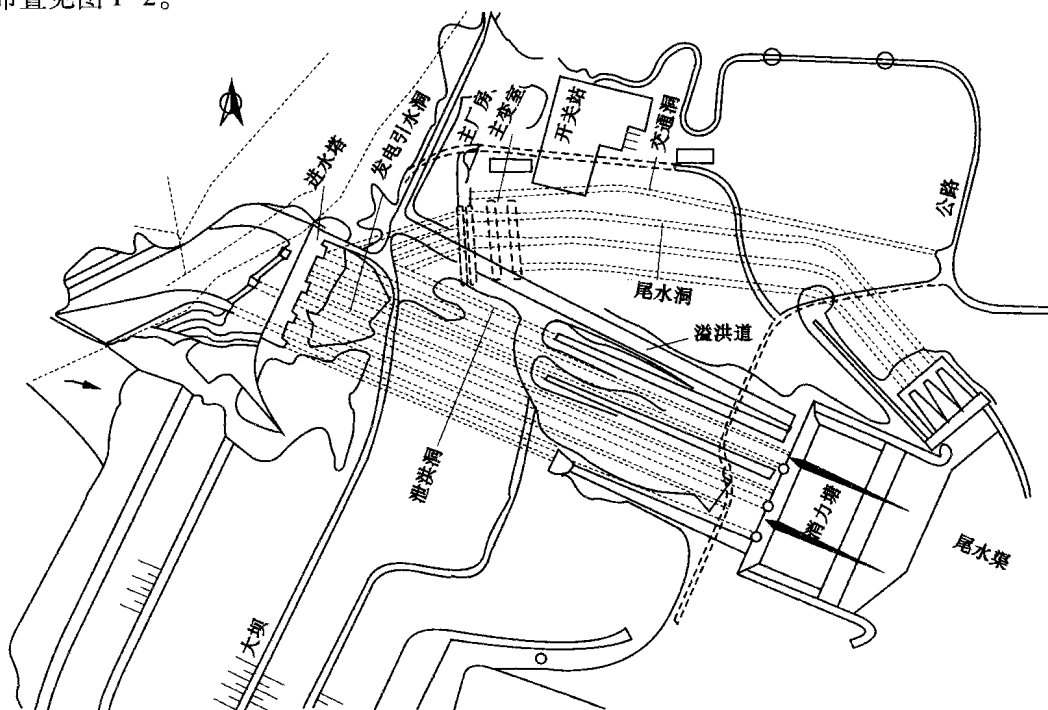


图 1-2 小浪底水利枢纽总体布置图

二、总体布置的特点

因为黄河特殊的水沙条件和复杂的地质条件,小浪底工程的布置需要考虑河床深覆盖层的处理、进水口防泥沙淤堵、高速含沙水流处理、水轮机抗磨、左岸单薄山体的稳定、进出口开挖高边坡的支护、地下洞室群的围岩稳定等问题。工程采用的方案是:所有泄洪、发电及引水建筑物均集中布置在山体相对比较单薄的左岸,16个进口错落有致地集中布置在10座进水塔内,9条泄洪洞和1座溢洪道采用出库集中消能的方式,以具有深式进水口的隧洞群泄洪为主,引水发电系统以地下厂房为核心。

这样布置可以满足宣泄设计洪水及校核洪水的要求,并留有 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 的泄流能力作为安全裕度。采用进水口集中布置的方式,并设高程至250 m的进口导墙导引水流,可保持进口冲刷漏斗,辅以加大启闭机容量、设置高压水枪及进口泥沙淤积监测等措施,可保证进水口不被泥沙淤堵。设置高位明流洞可兼排污排漂。采用低位导流洞改建的孔板消能泄洪洞进行洞内消能,解决了枢纽总布置的困难。排沙洞布置在引水发电进口下,可大大减少过机泥沙含量,等等。

三、大坝

小浪底工程大坝为坐落在深厚覆盖层上且带有内铺盖的斜心墙堆石坝,坝高160 m,总填筑量 $5\,573\text{万 m}^3$,是我国第一壤土斜心墙高堆石坝。小浪底工程大坝剖面见图1-3。

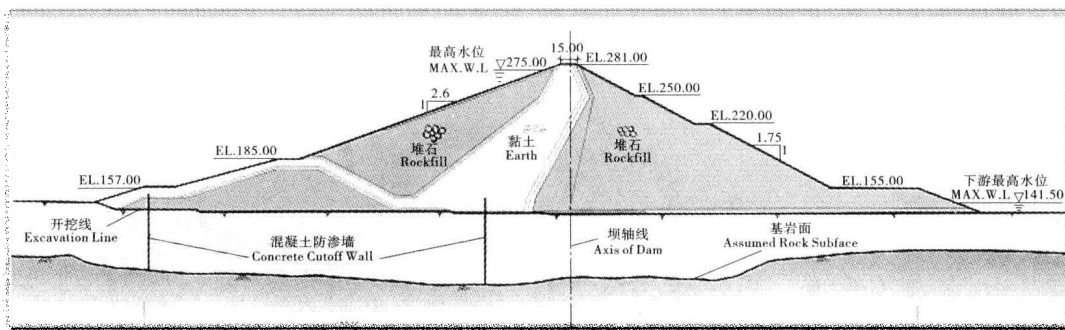


图1-3 小浪底工程大坝剖面图 (单位:m)

对于小浪底工程这样的高土石坝来讲,防渗设计是大坝设计的关键。大坝的防渗设计具有如下特点:选择壤土斜心墙堆石坝坝型,采用以垂直防渗为主、水平防渗为辅的双重防渗体系。大坝斜心墙防渗轴线位于坝轴线上游约80 m处,在覆盖层深槽部位采用混凝土防渗墙,墙厚1.2 m。主围堰采用斜墙剖面,通过内铺盖将心墙和主围堰的斜墙连接起来,利用坝前的淤积形成天然铺盖,作为大坝的辅助防渗体系。

四、泄洪排沙系统

小浪底工程泄洪方式的选择是枢纽布置的核心,设计采用了3条直径为6.5 m的压力式排沙洞、3条断面为 $(10\sim 10.5)\text{ m}\times(11.5\sim 13)\text{ m}$ 的明流泄洪洞、3条前压后明式多

级孔板消能泄洪洞和 1 条表面陡槽式溢洪道等 10 个泄洪排沙建筑物。万年一遇校核洪水最大泄流量 $13\,990\text{ m}^3/\text{s}$, 隧洞总泄流能力达 $13\,480\text{ m}^3/\text{s}$, 枢纽总泄流能力 $17\,327\text{ m}^3/\text{s}$, 留有一定的安全备用余量。

3 条排沙洞为压力式泄洪洞, 单洞最大泄流能力 $675\text{ m}^3/\text{s}$, 一般情况下按隧洞衬砌不磨流速 15 m/s 控制泄流 $500\text{ m}^3/\text{s}$ 。排沙洞进口高程 175 m , 每条洞 6 个进口, 直接布置在发电引水口的下方, 承担泄洪排沙、减少过机沙量及调节径流、保持进口冲刷漏斗的任务。

3 条孔板消能泄洪洞由导流洞改建而成, 1 号导流洞进口高程 132 m , 2 号和 3 号导流洞进口高程 141.5 m , 导流任务完成后, 分两期进行封堵改建, 以龙抬头形式将进口抬高至 175 m 。洞身段按 3 倍洞径增建孔径比分别为 0.689 、 0.724 和 0.724 的三级孔板环, 三级孔板后洞身渐变收缩, 在增建的中间闸室内设偏心铰弧形工作闸门。3 条孔板消能泄洪洞总泄流能力 $4\,825\text{ m}^3/\text{s}$ 。

3 条明流泄洪洞进口高程分别为 195 m 、 209 m 和 225 m , 总泄流能力达 $6\,449\text{ m}^3/\text{s}$, 除承担泄洪任务外, 还担负排污排漂任务。

在上述泄洪隧洞的衬砌设计中, 均采用了 70 MPa 的高强混凝土, 以减缓高速水流的磨蚀。

正常溢洪道为 3 孔陡槽式溢洪道, 进口高程 258 m , 最大泄流能力为 $3\,764\text{ m}^3/\text{s}$ 。

9 条泄洪洞和 6 条引水发电洞以及 1 条灌溉洞共 16 条洞的进口集中布置在一字形排列的 10 座进水塔内, 形成了前缘宽度 276.4 m 、高 113 m 、总混凝土方量约 100 万 m^3 的进水塔群。16 个洞的进口高低错落, 间隔排列, 形成了上层泄洪排污、中层引水发电、下层泄洪排沙的有机整体。进水塔立视图见图 1-4。

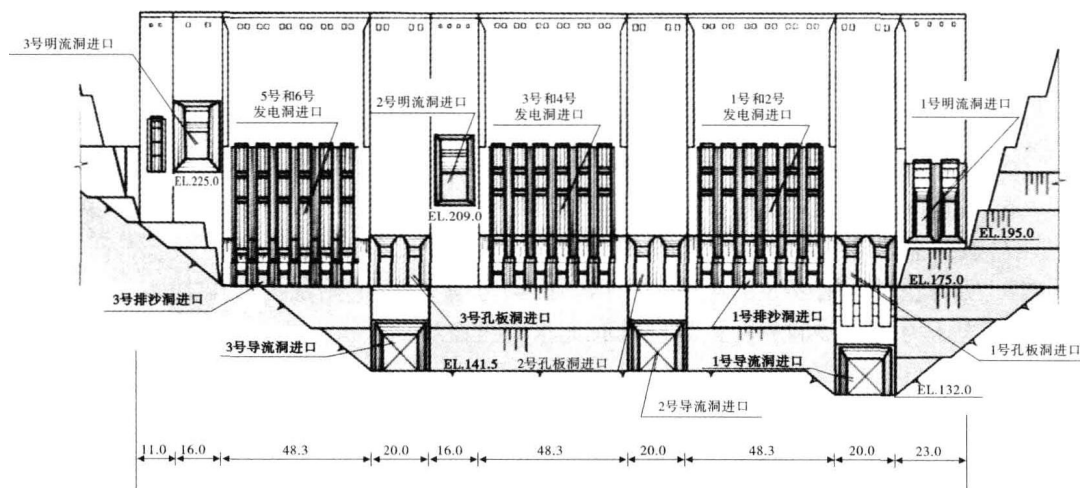


图 1-4 进水塔立视图 (单位:m)

9 条泄洪洞和正常溢洪道的出口采用集中布置的水垫塘消能。一级消力塘池底宽 319 m , 长 $165\text{ m}/145\text{ m}$, 最大水深 28 m , 由两道中隔墙分成 3 个独立的消力塘, 以便于检修。消力塘建筑物全部用钢筋混凝土结构衬砌, 池底设排水系统。

五、引水发电系统

电站装有6台300 MW混流式机组,设计水头112 m,单机最大过流量 $300 \text{ m}^3/\text{s}$ 。引水发电系统采用一洞一机单元式布置,引水发电洞洞径7.8 m,为钢筋混凝土结构,分别与3个进水塔相连,引水至地下厂房。两台机组的尾水合成一条尾水洞,经出口防淤闸将发电尾水宣泄至下游。

第四节 工程金属结构及机电设备

一、金属结构

小浪底工程建筑物泄洪洞、排沙洞、发电洞、防淤闸、厂房及溢洪道等各类金属结构计有闸门69扇,其中平面闸门47扇、弧形闸门21扇、浮箱式闸门1扇,拦污栅26扇,清污机1台。各种起重机械79台(套),其中固定卷扬式启闭机17台(套)、液压启闭机27台、进水塔门式启闭机2台、厂房桥机2台、台车式启闭机1台、检修桥吊13台、吊箱9台、空压机室桥吊1台、渗漏泵房桥吊1台、水车室电动葫芦6台。这些金属结构集中布置在进水塔群、孔板洞中闸室、排沙洞出口闸室、溢洪道、地下厂房尾水闸室和电站尾水出口等部位。小浪底金属结构的设计有如下特点:

(1)考虑检修门槽无检修条件,按 10 m/s 钢材不磨蚀流速选择门孔尺寸,设下游侧水封;

(2)泄洪洞汛期由事故闸门挡水,事故闸门采用4 130 kN轮压的平面定轮闸门,设上游侧水封;

(3)设计水头122 m的压力式排沙洞可局部开启运用偏心铰弧形工作闸门;

(4)水头最大达140 m的偏心铰弧形工作闸门,门顶及两侧设压紧式辅助水封系统;

(5)设计最大总水压力达75 000 kN的1号明流洞弧形工作闸门;

(6)设计门孔面积近 200 m^2 的溢洪道弧形工作闸门;

(7)设计总水压力为128 000 kN的导流洞封堵闸门;

(8)所有在进水塔安装的事故闸门启闭机均考虑20 m的附加泥沙压力;

(9)为压力式排沙洞和孔板洞设计有充水平压设施;

(10)发电进水口有拦污栅、清污机,进水塔前装设有高压水枪,必要时可清污和冲刷门前淤积的泥沙;

(11)地下厂房设2台250 t+250 t桥式起重机。

二、主要发(供)电设备

(一)水轮机

水轮机型式为立轴混流式,额定水头112 m,额定出力306 MW,额定流量 $296 \text{ m}^3/\text{s}$,水头适用范围为68~142 m,额定转速为107.1 r/min,转轮公称直径为6.356 m,转轮质量为127 t。