

黄河小浪底水利枢纽文集

(二)

主编 林秀山

黄河水利出版社

1015985

黄河小浪底水利枢纽文集

(二)

主编 林秀山



T06024



黄河水利出版社

图书在版编目(CIP)数据

黄河小浪底水利枢纽文集(二) / 林秀山主编. — 郑州: 黄河水利出版社, 2001. 9
ISBN 7-80621-464-X

I. 黄… II. 林… III. 黄河-水利枢纽-水利工程-文集 IV. TV632.61-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 057403 号

责任编辑: 吕洪予	封面设计: 朱 鹏
责任校对: 张 倩 周 宏	责任印制: 常红昕

出版发行: 黄河水利出版社

地址: 河南省郑州市金水路 11 号 邮编: 450003

发行部电话: (0371) 6022620

E-mail: yrep@public2.zz.ha.cn

印 刷: 黄委会设计院印刷厂

开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16	印 张: 41.50 插页: 4
版 次: 2001 年 9 月 第 1 版	印 数: 1—1 500
印 次: 2001 年 9 月 郑州第 1 次印刷	字 数: 962 千字

定 价: 120.00 元

编者的话

《黄河小浪底水利枢纽文集(二)》是1997年出版的《黄河小浪底水利枢纽文集》的续集,从一个侧面记述了工程设计者在小浪底工程施工建设期间所继续开展的一些研究、论证和技术性总结工作。

小浪底水利枢纽继1997年10月28日实现大河截流以后,1999年10月25日下闸蓄水,2000年1月9日首台机组并网发电,斜心墙堆石大坝于2000年6月26日提前一年填筑到设计高程,泄洪系统和引水发电主体土建工程也都按工程进度要求投入运用。现已有4台机组投产发电,预计2001年工程将全部竣工。小浪底水库蓄水运用1年零9个月以来,水库最高蓄水位234 m,坝前最大水深超过100 m,枢纽各建筑物已经受了初期运行的考验,工程质量总体良好。2001年5月10日来小浪底工程视察的全国政协副主席钱正英在座谈时说:“我认为小浪底的建设取得了很大的成就。我不用成绩,而用成就来表达。因为小浪底工程难度是很大的,施工规模虽不如三峡大,但从工程技术角度讲,小浪底的难度在某些方面比三峡还大。现在看来这些问题基本上解决了,说明设计、施工各方面都很好。一是大坝安全是有保证的。原来对大坝防渗墙可靠不可靠都有担忧,现在看来是有保证的。二是泄流建筑物成就很大。我为什么一定要看孔板洞呢?因为当初对孔板洞有较大争议,而我对当初的决策是负有责任的。现在看来,经过精心设计、精心施工,多次试验,基本上有把握,但在长期运行中还要注意。三是渗水问题,这个问题我还是比较乐观的。从黄河的特点讲起来,只要注意水是清的,它逐渐应往好的方面转变。但渗水还是要排的,若不排除,憋在那里也不是个事儿……请你们向小浪底所有建设者表示我的慰问和敬意。”可以说,小浪底工程的建设已取得了决定性的胜利。

在小浪底水库投入运用以来,按既定的枢纽开发目标已发挥出了十分显著的社会经济效益,小浪底工程为黄河治理揭开了新的篇章,是治黄的里程碑工程。

(1)黄河下游以郑州黄河花园口断面为代表的防洪标准已从约60年一遇提高到千年一遇。来千年一遇洪水,小浪底与三门峡、故县、陆浑水库统一调度,可使花园口断面的洪峰流量不超过现设防标准 $22\,000\text{ m}^3/\text{s}$,可不使用北金堤滞洪区。来百年一遇洪水,花园口断面的洪峰流量不超过 $15\,300\text{ m}^3/\text{s}$ 。这两年黄河未来大水,小浪底水库的防洪效益还没有机会表现出来。由于黄河下游独特的悬河态势,其洪水问题一直被看做是中华民族的心腹之患,小浪底水库投入运用后,下游防洪工程的重点已不是漫决,无疑对下游洪水问题的处理创造了极为有利的条件。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,主槽行洪能力降到不足 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 。1996年汛期洪水 $7\,860\text{ m}^3/\text{s}$ 时,郑州花园口的洪水位比1958年实测 $22\,300\text{ m}^3/\text{s}$ 的洪水位高0.9 m。夹河滩 $7\,170\text{ m}^3/\text{s}$

的洪水位比 1958 年 $20\,500\text{ m}^3/\text{s}$ 的洪水位高 2.1 m 。通过小浪底水库初期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极为关键的作用,同时对中小洪水也可进行调节以减少滩区淹没造成的损失。

小浪底水库投入运用以后,可提供 20 亿 m^3 的防凌库容并首先投入蓄水调节,不足部分由三门峡水库提供,这样可基本解除下游的凌汛威胁。2000 年 12 月下旬和 2001 年 1 月 15 日前后,根据下游气温变化(较常年偏低 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$),两次加大小浪底水库泄量,在封河关键时期进行了人工干预,实现了 2001 年凌汛期黄河下游未封河,已初步显示了小浪底水库在防凌方面的作用。

(2)黄河下游的洪水问题实际上是泥沙问题。小浪底水库 75.5 亿 m^3 的淤沙库容,通过水库逐渐抬高汛期运用水位和调水调沙拦粗排细的合理调度运用,可使下游河床至少 20 年不淤积抬升,为黄河的综合治理赢得宝贵的时间。减淤是小浪底水库不可替代的重要的国民经济效益。2000 年小浪底水库入库水量 163.7 亿 m^3 ,沙量 3.41 亿 t ,分别为小浪底水文站建站以来的倒数第二位和倒数第一位。入库瞬时最大洪峰流量 $2\,610\text{ m}^3/\text{s}$ (10 月 13 日),最大瞬入库含沙量 381 kg/m^3 (7 月 10 日),全年出库沙量 0.043 亿 t ,汛期平均出库含沙量为 1.7 kg/m^3 。经初步估算,2000 年汛期 7~10 月小浪底水库拦沙 3.13 亿 t ,下游河道减淤量 2.52 亿 t ,水库拦沙减淤比 1.24,比原初设阶段分析的拦沙减淤比 1.3 略低。以减淤为核心的水库运用方式将在初期 3 年既定运用方式的基础上继续深入研究,不断完善,使小浪底水库的减淤效益能最大程度地发挥出来。

(3)小浪底水库蓄水运用以来,发挥了比预期更大的供水灌溉效益。进入 20 世纪 90 年代,黄河出现连续枯水年,而随着国民经济的发展需水要求却越来越大,水量供需矛盾日益尖锐,黄河下游断流时间越来越长,断流河段迅速由山东向河南延伸。1997 年黄河下游断流 26 次,累计天数 226 天,断流河段长达 702 km ,均创造了历史之最。黄河断流已成为世人关注的焦点,下游工农业及城市供水已成为国民经济发展的制约因素。据原设计分析,小浪底水库投入运用后,多年平均可增加下游调节水量 17.9 亿 m^3 。

2000 年春天黄河下游干旱缺水,河南、山东 100 多天基本未降水,成为历史上罕见的干旱年。为保证沿黄地区工农业、城市生活用水的最低要求,并保证下游河道不断流,根据黄河水量的统一调度要求,4 月 26 日~6 月 27 日,小浪底水库降低水位向下游补水 11.5 亿 m^3 。最低水位降至 192.4 m ,机组被迫停机(最低发电水位 205 m)。同年 10 月 13 日又因“引黄济津”向下游供水 8.19 亿 m^3 ,天津受水 4 亿 m^3 ,解决了天津市严重缺水的燃眉之急。2000 年黄河下游竟奇迹般地未出现断流。至 2000 年底,小浪底水库蓄水位 234 m ,总蓄水库容 47.09 亿 m^3 。2001 年春天,黄河下游又是异常干旱的一年。在笔者写这篇《编者的话》的今天(7 月 9 日),小浪底水库水位已降至 200.18 m 。小浪底入库 $10\text{ m}^3/\text{s}$,出库 $425\text{ m}^3/\text{s}$,水库总蓄水库容 11.7 亿 m^3 。近两个月来已总共向下游补水 30 多亿 m^3 ,极大地缓解了豫鲁两省沿黄地区工业、城市供水及农业灌溉用水的矛盾。黄河至今未出现断流,在特枯之年,小浪底水库发挥了不可替代且比预期更为显著的社会、经济效益。

(4)小浪底水电站已有 4 台机组加入河南电力系统,成为电力系统中重要的峰荷调节

电源,累计发电近 20 亿 kWh。由于前述的黄河水调的缘故,影响了电站的电能生产。无疑,现对小浪底水库实施的调度运用,其国民经济综合效益是巨大的,也是最好的。

小浪底水利枢纽的成功建设是在党和国家最高领导层的亲切关怀和指导下实施的,融汇了设计、科研、监理、施工等参战多方及国内外许多专家学者的心血。在解决一个个挑战性技术难题的同时,也创造了辉煌的业绩,其具体表现为:

- (1)成功地建造了中国第一壤土心墙堆石大坝和国内最深厚的混凝土防渗墙。
- (2)首次在上将 3 条直径 14.5 m 的导流洞改建为永久的多级孔板消能泄洪洞;经二次现场放水原型观测,证明设计是成功的,并预计在更高水位时可正常泄洪运用。
- (3)成功地在地质条件极为复杂的左岸单薄山体中建造了规模宏大、数量众多的地下洞室群,并在砂页岩地层建造了国内跨度最大的柔性支护作为永久支护的地下厂房。
- (4)首次在小浪底排沙洞成功地采用了后张无粘结双圈缠绕的预应力混凝土衬砌结构。
- (5)成功地建造了在世界坝工史上尚无先例、混凝土方量近 100 万 m^3 的进水塔群和大型综合消能水垫塘。
- (6)首次在国内成功地采用了 GIN 帷幕灌浆技术。
- (7)在水利水电系统首次成功地自行设计、建造了水库诱发地震遥测台网。
- (8)成功地处理了地质条件极为复杂的进出口开挖岩石高边坡;首次在国内大规模地采用了双层保护的预应力锚索和钢纤维喷混凝土技术。

此外,小浪底工程创造了国内土石日填筑 6.7 万 m^3 的最新记录;首次成功地采用了塔带机混凝土浇筑技术;首次采用了混凝土防渗墙平接技术;成功地采用了旋喷灌浆桩加固左岸坡积、洪积物大坝基础;迄今为止按世行要求对 16 万移民进行了生产性安置;工程总投资控制在概算范围内并有一定的节余。小浪底水利枢纽的成功建设为我国乃至世界水利水电建设创造了新鲜的经验,作出了应有的贡献。

诚然,小浪底水利枢纽还将全面接受工程运用的考验,管好用好小浪底水利枢纽,在确保工程安全的前提下充分发挥小浪底水利枢纽的综合效益仍是十分艰巨的任务。

本文集的内容限于作者和编者的水平,谬误之处在所难免,请读者不吝批评指正。

林秀山

2001 年 7 月 9 日



小浪底水利枢纽进水口全景



大坝填筑



国内最深的大坝防渗墙



施工中的进水塔群



排沙洞后张法预应力混凝土施工

应用钢模台车进行排沙洞衬砌





孔板消能泄洪洞的孔板环施工



孔板消能泄洪洞

孔板洞“龙抬头”段施工





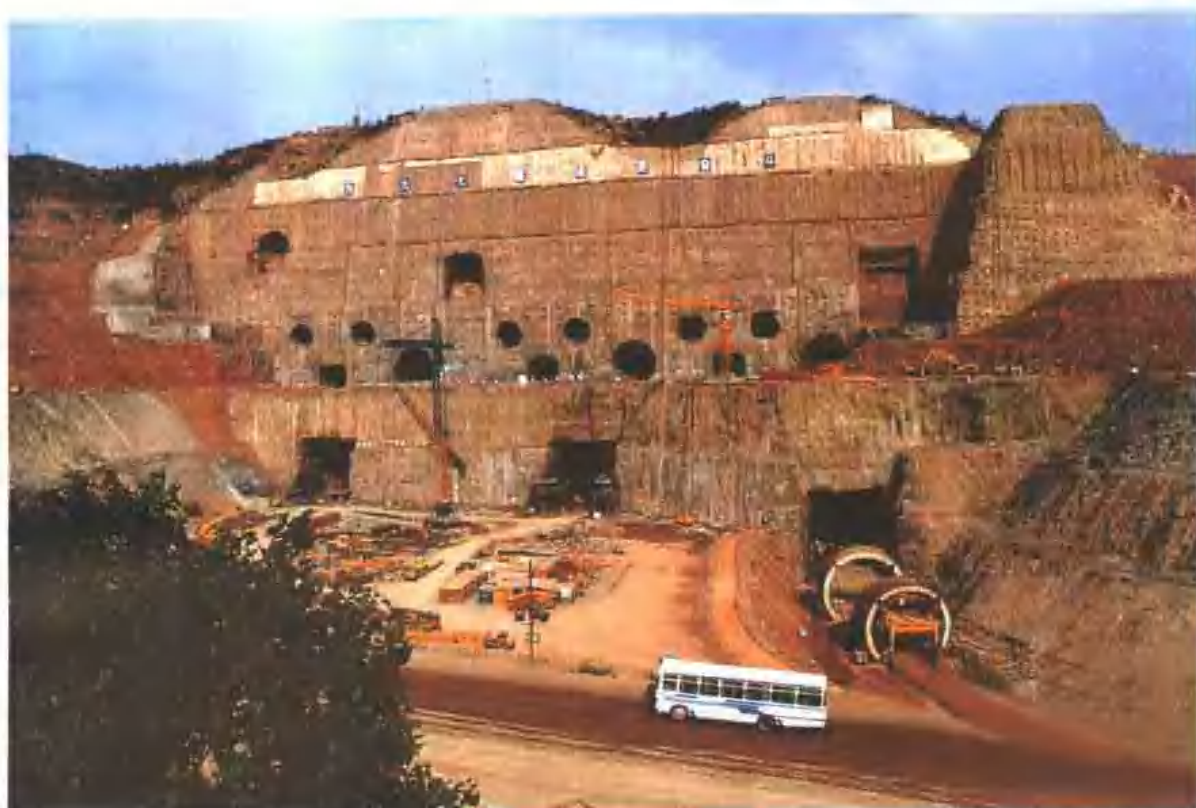
地下厂房施工现场



水轮机转轮叶片安装



发电机组定子吊装



进水口高边坡施工



出水口边坡锚索安装



出水口



出口消力塘施工全景



砂石料加工系统



分层开采中的石料场

目 录

编者的话	林秀山
小浪底水利枢纽设计若干问题的研究与实践	林秀山(1)
小浪底大坝的设计特点及施工新技术	林秀山 沈凤生(7)
小浪底水利枢纽排沙洞后张法预应力混凝土衬砌的设计研究	林秀山 沈凤生(12)
小浪底工程中的关键力学问题	沈凤生 林秀山(18)
小浪底水利枢纽孔板消能泄洪洞设计和研究	钱云龙 刘宗仁 向 桐(32)
小浪底水库运用方式研究的回顾与进展	陈效国 吴致尧(79)
小浪底水库初期运用方式研究	石春先 安新代 李世滢等(83)
小浪底水库运用方式研究	涂启华 安催花 曾 芹等(87)
小浪底水库运用初期入库水沙预测	安新代 何予川 刘红珍等(92)
小浪底水库拦沙初期调控库容分析论证	安催花 余 欣 郜国明等(96)
小浪底水库拦沙初期调控流量分析论证	刘继祥 安催花 曾 芹等(100)
小浪底水库拦沙初期起始运行水位分析论证	李世滢 余 欣 安催花等(104)
小浪底水库拦沙期减淤运用方式探讨	陈枝霖(110)
小浪底水库运用初期小浪底至苏泗庄河段模型试验研究	张红武 刘海凌 董年虎等(117)
小浪底水库农业移民生产措施规划方案评价分析	冯久成 王鲜苹 李世印等(120)
小浪底水库移民监理的几点体会	冯建敏 赵焕娥 李 铭(123)
小浪底库区第一期移民安置验收方法分析	史志平 常献立 刘卓颖(127)
小浪底水库库周交通恢复规划分析	张玉宽 刘卓颖 李世印等(130)
小浪底水利枢纽主要地质问题和处理对策	刘宗仁(133)
小浪底东苗家滑坡稳定性分析及整治措施	李清波 徐国刚 应敬浩(142)
小浪底水利枢纽岩石力学试验研究与技术发展	董遵德 王宝成(147)
小浪底水利枢纽地震参数选择研究	郑凉臣(173)
小浪底水利枢纽进口高边坡岩体变形破坏特征与工程处理	周益民 李清波 王登科(182)
小浪底水利枢纽进出口高边坡施工期稳定性研究和加固技术	高广淳(190)
小浪底水利枢纽消力塘边坡的稳定性分析及加固处理措施	李明俊 邓爱玉 畅建成(210)
小浪底东苗家滑坡体排水洞不良地质地段临时支护	易学文 彭万军(217)
小浪底工程导流洞一期施工塌方成因分析	徐国刚 李清波 袁文传(222)

沉积岩区地下洞室断层带的开挖与支护	袁文传 罗 进 刘红宝等(228)
小浪底水利枢纽外部变形测量控制网设计概述	刘豪杰(239)
小浪底工程岸(边)坡外部变形监测系统设计	丁万庆 刘志朴(244)
小浪底工程用高喷桩技术加固大坝心墙基础的工程实践	林秀山 高广淳 孙胜利等(248)
灌浆与地下水排水新技术研究	林秀山 马国彦 崔志芳等(255)
小浪底大坝稳定分析	韩秋茸 李治明 杨永叶等(264)
小浪底大坝基础处理设计	段世超 孙胜利 姜苏阳等(273)
小浪底大坝深覆盖层处理和防渗墙设计	高广淳 段世超(279)
小浪底大坝混凝土防渗墙施工	王亚春 李立刚(292)
小浪底工程左岸山体加固处理设计	李治明 韩秋茸 曹国利等(299)
小浪底土石坝设计中开挖料的利用	孙胜利 秦留生 田华祥等(305)
小浪底土石坝斜心墙土料设计	孙胜利 代巧枝 王新奇等(313)
小浪底大坝的反滤料和过渡料加工系统	王者才 盛松涛(327)
小浪底大坝填筑施工技术和施工方法	王 碧 李玉洁 王奇峰(334)
小浪底工程帷幕灌浆施工技术特点	罗鲁生 吴昌春 张东升等(340)
稳定浆液在小浪底水利枢纽坝基固结灌浆工程中的应用	牛广尧 尹 曠(350)
小浪底水利枢纽进水塔群抗 8 度地震稳定研究	林秀山(354)
小浪底工程发电塔的布置特点及运用方式	严永璞 李振连 随裕芬等(360)
小浪底工程雾化影响及其防护	孔彩粉 廖忠刚(365)
小浪底水利枢纽进水塔温控设计研究及实施	阎士勤 牛广尧 曹喜华(370)
小浪底工程隧洞衬砌混凝土温控设计研究及实施	阎士勤 牛富敏 张春生等(376)
小浪底工程综合消力塘设计概述	郭朝文 吴建军 刘庆亮(382)
小浪底工程消力塘水力设计	廖忠刚(386)
小浪底工程连地(二标)砂石骨料加工系统的设计和运行	祁志峰 赵立民(390)
小浪底工程机械化施工设备一览	王兰涛 张迎华 王朋基等(398)
小浪底水利枢纽发电排沙进水塔廊道设计	李晨英 申相水 严永璞(406)
小浪底工程进水口引渠导墙设计	郭朝文 王 胜 韩秋茸(411)
小浪底工程进水塔群基础固结灌浆设计与施工	刘海军 董海钊 陈昭友等(415)
小浪底工程孔板塔临时施工竖井对结构的影响分析	刘亚丽 李德营 董海钊等(422)
小浪底工程孔板洞中间室的设计改进	李国选 齐震明 刘庆亮等(428)
小浪底工程导流洞封堵设计与施工	于立新 刘宗仁 张晓瑞等(433)
小浪底水利枢纽 1 号明流洞深式双进口有压短管设计	朱春英 张国兰 范霄宁等(437)
小浪底 2 号明流洞泄槽与公路交叉处断层交汇带基础设计	陈兴亮 张国兰 刘 杰(444)
小浪底工程孔板泄洪洞的施工	肖 强 姚立新(449)

小浪底工程明流洞掺气减蚀设计研究	朱春英 凌 霄 刘 杰等(455)
小浪底工程排沙洞预应力衬砌结构应力特性研究	林秀山 沈凤生 李 斌等(460)
小浪底工程排沙洞预应力衬砌现场试验的分析研究	沈凤生 张 阳 李 斌等(466)
小浪底工程排沙洞无粘结预应力混凝土衬砌施工	王兰涛 程翠林(471)
小浪底工程排沙洞出口闸室结构布置与设计	白本举 胡玉明 田雨普(477)
小浪底工程排沙洞出口预应力闸室支承梁体型研究	胡玉明 田 耕 鲁正超(481)
小浪底工程排沙洞出口闸室仿真模型试验研究	亢景富 胡玉明 冯乃谦(486)
小浪底工程排沙洞出口闸室三维有限元应力分析	胡玉明 鲁正超 杨巧玲(492)
小浪底工程排沙洞掺气减蚀设施体型的优化设计	李 珠(496)
小浪底地下厂房排水防潮设计及运用	王积军 魏 萍 巴海涛等(502)
小浪底地下厂房岩壁吊车梁设计与实践	王积军 齐震明 史仁杰等(508)
小浪底水电站主变室岩壁牛腿设计	柴志阳 严永璞 史仁杰(516)
小浪底水电站尾水洞设计综述	史仁杰 齐震明 回中伦(520)
小浪底水电站蜗壳外围混凝土结构设计	王 胜 王积军 熊 卫等(526)
小浪底水利枢纽引水发电系统的施工	李纯太 韩德保 李晓刚(530)
小浪底地下厂房双层保护预应力锚索施工	尹 贇 郭长江 袁国芹(543)
小浪底工程压力钢管制造与安装	于永军 李 宇(549)
薄壁离心钢管混凝土结构在小浪底 220kV 开关站的应用	于立新 张晓瑞 孟旭央等(555)
FUKO 管在小浪底引水发电洞压力钢管接触灌浆中的应用	罗鲁生 屈章彬 李学荣(560)
张拉锚杆在小浪底地下厂房施工中的应用	王兰涛 宋克天 尹德文等(565)
小浪底水利枢纽工程机电设计	马跃生 王庆明(570)
小浪底工程电气控制系统设计与实施	王庆明(578)
小浪底水电站水轮机抗磨蚀技术措施	朱兴旺(583)
筒形阀在小浪底水电站水轮机中的应用	王胜军(588)
小浪底水利枢纽水工闸门设计	金树训(592)
小浪底工程启闭机械设计	行少阜(608)
小浪底水利枢纽排沙洞偏心铰弧形闸门设计	李纪新 金树训 谢遵党(613)
小浪底工程孔板洞偏心铰弧门设计与研究	丁正中 侯庆宏 姚宏超(623)
小浪底工程闸门支承结构设计特点	乔为民 丁正中 陈丽晔(632)
小浪底工程排沙洞液压启闭机的设计	滕 翔 陈 霞(638)
小浪底水电站接地网的测量	谈 晖 孙国强 李 亚等(644)
附录 1 小浪底水利枢纽工程特性表	(649)
附录 2 小浪底水利枢纽建筑物特性表	(651)
附录 3 小浪底水利枢纽总平面布置图	(655)

小浪底水利枢纽设计若干问题的研究与实践

林秀山

【摘要】 黄河小浪底水利枢纽是以防洪、防凌、减淤为主,兼顾供水、灌溉、发电的多目标兴利工程,是黄河下游治理的控制性骨干工程。枢纽坝高 160 m,水库总库容 126.5 亿 m^3 ;枢纽按千年一遇洪水 $40\,000\text{m}^3/\text{s}$ 设计,万年一遇洪水 $52\,300\text{m}^3/\text{s}$ 校核;按水库减淤排沙运用要求,在非常死水位 220m 时枢纽总泄流能力不小于 $7\,000\text{m}^3/\text{s}$ 。由于设计条件的高标准且自然条件复杂,使工程设计和建设面临一系列的挑战性技术课题,诸如大坝深覆盖层处理、导流洞改建的多级孔板消能泄洪洞、大跨度地下厂房、无粘结预应力混凝土衬砌等,都是开拓性的设计研究与实践。小浪底工程的成功建设,融汇了我国广大水利水电工程技术人员的心血,也从一个侧面反映了我国水利水电事业的蓬勃发展。

1 小浪底工程建设揭开了黄河治理新篇章

小浪底水利枢纽位于黄河中游最后一个峡谷的出口,上距三门峡大坝 130 km,向下俯视黄、淮、海平原,控制黄河流域总面积的 92.3%,控制黄河花园口以上天然径流总量的 92% 及近 100% 的黄河输沙量,是治理黄河下游的控制性骨干工程。设计水库最高运用水位 275 m,回水直到三门峡坝下,水库总库容 126.5 亿 m^3 。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(包括防凌)、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”。小浪底水库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,拦截上游的来沙(主要是粗颗粒泥沙),减少下游河床的淤积。小浪底水利枢纽已于 1997 年 10 月实现大河截流,2000 年元月首台机组并网发电,2000 年初小浪底水库已参与防凌运用,黄河下游的凌汛威胁将从此基本解除。小浪底水电站总装机容量 1 800 MW,多年平均发电量 51 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$,是系统中理想的调峰电站。从 2000 年 5 月底开始,小浪底水电站牺牲发电效益,向下游补水 12 多亿 m^3 ,极大地缓解了豫、鲁两省沿黄地区的严重旱情。从长远来说,小浪底水库平均每年可增加调节径流量 17 亿 m^3 ,从而大大提高了下游引黄灌溉的用水保证率。同年 6 月底,小浪底大坝已提前填筑至设计坝顶高程 281 m,汛期水库已具备防御千年一遇洪水的

能力,2000年汛期黄河如发生 $40\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 的千年一遇洪水,小浪底和三门峡、故县、陆浑水库联合调度,可使花园口的流量不超过 $20\,000\text{ m}^3/\text{s}$ (现设防标准为 $22\,000\text{ m}^3/\text{s}$),小浪底水库最高洪水位为235 m。水库运用的前3年,汛期为滞洪拦沙运用,并利用调控库容调水调沙集中下泄超过 $2\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 的清水,这将有利于恢复现已严重萎缩的下游主河槽。大约3年以后,水库汛期运用水位将随着水库淤积的发展逐渐抬高,并大约在30年运用期内拦沙100亿t,相当于使下游河床至少20年不淤积抬升,以体现水库拦沙减淤效益。综上所述,小浪底水利枢纽的兴建无疑将揭开黄河开发治理的新篇章,成为治黄的里程碑工程。

2 枢纽的设计条件及枢纽建筑物总布置特点

2.1 枢纽的主要设计条件

(1)枢纽按千年一遇洪水 $40\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 设计,万年一遇洪水 $52\,300\text{ m}^3/\text{s}$ 校核,水库校核洪水位同水库最高运用水位为275 m,要求枢纽总泄流能力不小于 $17\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 。

(2)枢纽设计水平年2000年多年平均入库径流量277.1亿 m^3 ,多年平均输沙量13.23亿t,汛期入库沙量占总来沙量的99%,汛期入库径流平均含沙量将可能为80~100 kg/m^3 。泥沙集中在汛期随三门峡以上的暴雨洪水入库,坝址实测最大含沙量达941 kg/m^3 (1977年8月7日)。水库淤积库容淤满后,坝前最高淤积面高程将达254 m。

(3)黄河由西向东流过小浪底坝址,河床覆盖层最深达70余米。坝址区为二叠纪和三叠纪沉积的砂岩、粉砂岩和粘土岩交互地层。岩层以 10° 左右的缓倾角倾向北东,并含有连通性很好、摩擦系数为0.2~0.25的泥化夹层。岩体断裂构造及节理裂隙发育,横穿坝下的 F_1 及左岸 F_{28} 、 F_{236} 、 F_{238} 等大断层均与枢纽建筑物有密切关系。左岸山体由于沟道切割形成了单薄分水岭,水库蓄水后存在稳定问题。近坝区右岸包括右坝肩有多处大的滑坡和倾倒变形体,坝址区基本地震烈度为7度,世行专家建议应考虑发生6.25级水库诱发地震的可能。

(4)按水库减淤排沙运用要求,在非常死水位220 m时枢纽总泄流能力不小于 $7\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 。

2.2 枢纽建筑物总体布置的特点

(1)挡水建筑物为设计坝高154 m(实际坝高160 m)、总体积5185万 m^3 、坐落在深厚覆盖层上且带有内铺盖的斜心墙堆石坝,是我国壤土心墙第一高坝。

(2)枢纽采用隧洞导流并以隧洞群为主的永久泄洪方案。9条泄洪洞总泄流能力为 $13\,500\text{ m}^3/\text{s}$,占枢纽总泄流能力的78%,其中3条泄洪洞是由直径14.5 m的导流洞改建而成的多级孔板消能泄洪洞。

(3)采用以地下厂房为核心、典型三洞室布置的引水发电方案,电站装设6台300 MW的水轮发电机组。

(4)泄洪、引水发电及灌溉建筑物均布置在左岸,16条隧洞的进口采用集中布置的方案,以策互相保护防止泥沙淤堵,从而形成了高113 m、前缘宽度276 m的进水塔群,塔后形成了高120 m、平均坡度1:0.3的岩石开挖高边坡。9条泄洪洞和开敞式溢洪道采用出口集中消能方式,设置了大型综合消能水垫塘。