

黄河小浪底水利枢纽规划设计丛书

林秀山 总主编



水库运用方式 研究与实践

刘继祥 主编

中国水利水电出版社
黄河水利出版社

黄河小浪底水利枢纽规划设计丛书

水库运用方式研究与实践

林秀山 总主编

刘继祥 主 编

中国水利水电出版社
黄河水利出版社

内 容 提 要

本书为黄河小浪底水利枢纽规划设计丛书其中的一卷。主要内容包括水库运用方式研究回顾、黄河下游防洪减淤对水库运用的要求、小浪底水库初期入库水沙条件、水库初期调水调沙减淤运用方式、水库初期运用对下游河道演变影响和对策、物理模型试验、泥沙数学模型研究与应用、综合利用调度方式、水库初期运用实践和认识、相机降水冲刷运用问题等。黄河水少、沙多、水沙关系不协调,小浪底水库处于控制黄河水沙的关键部位,其运用不仅关系着水库本身,还关系着黄河下游河道的治理问题。小浪底水库运用方式研究解决了极其复杂的关键技术问题,研究中提出了许多创新性科研成果,曾获大禹水利科学技术奖二等奖,本书对这些成果进行了总结提炼。

本书可供水利工程规划设计、水库运行与管理及相关学科的科研、设计、生产部门的专业技术人员及高等院校的师生阅读、参考和使用。

图书在版编目(CIP)数据

水库运用方式研究与实践/刘继祥主编. —郑州:黄河水利出版社,2008.1

(黄河小浪底水利枢纽规划设计丛书/林秀山总主编)

ISBN 978 - 7 - 80734 - 329 - 5

I. 水… II. 刘… III. 水库 - 运行 - 研究 - 三门峡市
IV. TV632.613

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 008578 号

出 版 社:中国水利水电出版社

地址:北京市西城区三里河路 6 号

邮政编码:100044

黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940

传真:0371 - 66022620

E-mail:hhslebs@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:25.75

字数:600 千字

印数:1—2 000

版次:2008 年 1 月第 1 版

印次:2008 年 1 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978 - 7 - 80734 - 329 - 5/TV · 538

定价:98.00 元

总序一

黄河小浪底水利枢纽是“以防洪（包括防凌）、减淤为主，兼顾供水、灌溉、发电，蓄清排浑，除害兴利，综合利用”为开发目标的大型水利工程，是国家“八五”重点建设项目，也是当时我国利用世界银行贷款最大的工程项目。小浪底主体工程于1994年9月开工，2001年底按期完工。工程采用国际招标方式选择了世界上一流的承包商，从施工管理、工程设计、移民搬迁到环境影响评价全面和国际接轨，为我国水利水电建设积累了宝贵经验。工程建成运行5年来，在黄河下游防洪、防凌、减淤冲沙、城市供水、发电、灌溉方面发挥了不可替代的作用。截至2004年底，累计发电约150亿kWh。在黄河连续枯水的情况下为确保黄河不断流提供了物质基础。显著的社会效益和经济效益使小浪底水利枢纽成为治黄的里程碑工程。

本着建设我国一流工程的目标，我有幸参与了小浪底工程的建设管理。一流的工程首先要以一流的设计为龙头。小浪底工程由于其独特的水文泥沙条件、复杂的工程地质条件和严格的水库运用要求，给工程设计提出了一系列挑战性的课题，被国内外专家公认为是世界上最具挑战性的工程之一。黄河勘测规划设计有限公司^①的工程技术人员，经过近30年的规划论证和10多年的方案比选，以敢于创新和科学求实的精神，在国内科研院所和高等院校的配合下，较满意地解决了一个个技术难题，诸如深式进水口防泥沙淤堵、施工导流洞改建为孔板消能泄洪洞的重复利用、排沙洞后张预应力混凝土衬砌、洞室群围岩稳定、大坝深覆盖层基础处理、进出口高边坡加固、20万移民的生产性安置等，提出了以集中布置为鲜明特点的枢纽建筑物总体布置方案，同时也创造了许多国内国际领先水平的设计。小浪底工程于1999年10月蓄水运行以来，已安全正常地运行了5年，并经历了2003年高水位的运用考验，实践证明，小浪底工程的设计是成功的。

小浪底工程成功的设计，为小浪底工程的建设提供了可靠的技术保障。

① 编者注：黄河勘测规划设计有限公司为原水利部黄河水利委员会勘测规划设计研究院。

黄河勘测规划设计有限公司的同志们认真总结小浪底工程的设计经验，编写出版了这套技术丛书。这套丛书的出版，无疑将丰富和促进我国水利水电建设事业的发展，也希望通过这套丛书使小浪底水利枢纽的成功经验得到更好的推广和应用。

张 岩 光

二〇〇三年三月一日

总 序 二

小浪底水利枢纽是黄河治理开发的关键工程。如今这座举世瞩目的工程已全面竣工，几代黄河人的小浪底之梦终成现实。宏伟的小浪底工程犹如一座巍峨的丰碑，记载着人民治黄的丰功伟绩，同时又是一座黄河治理开发的里程碑工程。它的建成运用，使治黄工作进入了一个能够对黄河下游水沙进行调控的新阶段。

黄河是世界上最复杂、最难治的河流。大量的泥沙淤积在下游河道内，使下游河道滩面高于大堤背河地面，成为举世闻名的地上悬河。如何把黄河的事情办好，一代又一代黄河人进行着孜孜不倦的探索和实践。

位于黄河中游最后一个峡谷出口处的小浪底，是三门峡水利枢纽以下唯一能够取得较大库容的坝址，处于承上启下控制黄河水沙的关键部位。修建小浪底水库对于黄河下游防洪、防凌、减淤等具有非常重要的作用，其战略地位是其他治黄工程无法替代的。

小浪底工程规模宏大，地质条件复杂，水沙条件特殊，运用要求严格，被公认为世界坝工史上最具挑战性的工程之一。面对这些难题，设计人员总结国内外的工程实践经验，克服重重困难，以勇于开拓创新又实事求是的科学精神，攻克了一个个技术难关，创造了多项国内外领先的设计成果。目前，工程已经开始发挥巨大的综合效益，特别是在调水调沙及塑造黄河下游协调水沙关系方面更是发挥了突出作用。

小浪底工程的勘测、规划和设计实践体现了“团结、务实、开拓、拼搏、奉献”的黄河精神，凝聚了广大治黄人员的智慧，同时也为今后的工作积累了丰富的经验。现在黄河勘测规划设计有限公司的同志总结小浪底工程的设计经验，编撰了这套规划设计丛书，非常必要、及时。丛书注重工程特点，论述设计思路和方法，突出创新成果，体现时代特征，系统全面反映了工程设计情况，对于今后的治黄工作乃至我国水利水电工程建设都将具有很好的借鉴作用。

小浪底工程建成后，黄河治理开发的任务依然非常繁重。小浪底水库本身的运用方式仍然需要深入研究，以保证其最大限度地发挥综合效益。同时，必须抓住小浪底水库投入运用的大好机会，抓紧开展黄河下游治理工作，并加快黄河干流骨干工程和南水北调西线工程建设、中游水土保持以及小北干流放淤等工作，构建完善的黄河水沙调控体系，使治黄工作朝着“维持黄河健康生命”的终极目标迈进。

李国英
2005年9月22日

总 前 言

小浪底水利枢纽位于黄河中游三门峡以下约 130km 黄河最后一个峡谷的出口处。从三门峡到小浪底，河床比降 0.1%，南岸是秦岭山系邙山，北岸是中条山、王屋山，河谷宽 500 ~ 1 000m，洪水水面宽 200 ~ 300m，每遇洪水，黄河波浪滔天、咆哮而下。黄河出小浪底峡谷之后，河道突然展宽，大浪没有了，小浪也到底了，进入了由黄河泥沙堆积而成的黄淮海平原。郑州花园口以下约 800km 的下游河道高悬于两岸地面，在约 1 400km 堤防的约束下流入渤海。居住在峡谷出口右岸黄河岸边一个小山村的先人们，观黄河流态的变化，以“小浪底”命名了自己的小山村。年年岁岁，世世代代，先人们并不知道今天小浪底竟成了家喻户晓的一个巨大的水利枢纽的名字。这个名字牵系着国内外许多专家、学者，牵系着曾为之奋斗的上万名中外建设者，牵系着上至中央领导、下至黎民百姓。

小浪底水利枢纽控制黄河流域面积 69.4 万 km²，占黄河流域总面积（不包括内陆区）的 92.3%，控制黄河天然年径流总量的 87% 及近 100% 的黄河泥沙。小浪底工程处在承上启下控制黄河水沙的关键部位，与龙羊峡、刘家峡、大柳树、碛口、古贤、三门峡一起成为开发治理黄河的七大骨干工程，在治黄中具有十分重要的战略地位。

小浪底工程建在因含沙量高而闻名于世的黄河上。黄河不仅水少沙多，而且水沙在时间上分布不均，黄河下游为地上悬河，河道上宽下窄，比降上陡下缓，排洪能力上大下小，凌汛也威胁着黄河两岸人民的安全。我国近代治河的先驱者，总结我国的治河经验，引进西方科技，提出了“全面开发，综合利用”的水利规划思想。新中国成立以后，开始了人民治黄的历程。历经 50 多年，治黄取得了举世瞩目的成就。在黄河流域整体规划的基础上，小浪底工程的开发论证经过了近半个世纪漫长的历程。根据黄河的特点及小浪底工程在黄河流域规划中所处的位置，对小浪底工程的开发目标进行了多次分析论证，一致认为小浪底水库处在控制黄河下游水沙的关键部位，是黄河干流三门峡以下唯一能取得最大库容的重大控制工程，在治黄中具有重要的战略地位。国家计委于 1986 年 5 月明确小浪底水利枢纽的开发目标为“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”。要求达到的目标是：提高下游防洪标准；基本消除下游凌汛威胁，在一定时段内遏制黄河下游河床淤积的趋势；调节径流提高下游灌溉供水保证率；水电站在系统中担任调峰。

小浪底水利枢纽由于其独特的水文泥沙条件，复杂的工程地质条件，适应多目标开发的严格的运用要求，以及巨大的工程规模和治理黄河中重要的战略地位，被国内外专家公认为是世界坝工史上最具挑战性的工程之一。多年来，参与工程规划设计和研究的人员如履薄冰，认真总结借鉴前人的经验，以求实创新的精神开展工作，攻克了工程规划设计中的许多技术难关，保证了工程的规划设计达到先进水平。设计人员既尊重科学，又敢于突破常规，开拓创新，先后进行了 400 余项科学试验和专题论证分析，融汇

了国内外许多专家的心血和智慧，解决了一个又一个难题。在建造深 82m 的混凝土防渗墙、将 3 条直径 14.5m 的导流洞改建为永久的多级孔板消能泄洪洞、在地质条件极为复杂的左岸单薄山体内建造了规模宏大和数量众多的地下洞室群、在高水头大直径排沙洞设计中采用了双圈缠绕的后张无黏结预应力混凝土衬砌结构、在国内大规模采用了双层保护的预应力锚索和钢纤维喷混凝土技术等多方面取得突破，在国内外处于领先地位。如今，小浪底水利枢纽以其独具鲜明特色的总体布置和建筑物设计展现在世人面前。小浪底工程为黄河治理开创了崭新的局面。

小浪底工程的规划设计、研究和论证，以及工程建设一直得到中央领导、水利部和国家有关部委的关注，并得到国内外许多专家的支持和帮助，融汇了他们的心血和智慧。

小浪底工程的成功设计，为小浪底工程的建设做出了巨大的贡献。为总结小浪底工程规划设计方面的经验和教训，我们组织了直接参与小浪底工程规划设计的人员从工程规划、设计的各个方面，认真总结小浪底工程的设计经验，并出版黄河小浪底水利枢纽规划设计丛书，以期和同行进行技术交流，丰富和促进我国水利水电建设事业，使小浪底工程的成功经验得到更好的推广和应用。黄河勘测规划设计有限公司对丛书的出版给予了大力支持，国务院南水北调建设委员会办公室主任张基尧和水利部黄河水利委员会主任李国英亲自为丛书作序，在此表示衷心的感谢。

由于水平所限，谬误之处在所难免，敬请指正。

黄河小浪底水利枢纽设计总工程师

林秀山
2005年9月

黄河小浪底水利枢纽规划设计丛书

编辑委员会

主 任：李文学

副主任：林秀山 许 人 宗志坚 景来红

委 员：（按姓氏笔画排列）

王庆明 刘继祥 刘豪杰 张汉青

张会言 李惠安 罗义生 杨法玉

高广淳 路新景 潘家铨

总主编：林秀山

前 言

治理黄河水害,要治水治沙并重。多年来的治黄实践表明,解决黄河下游防洪减淤问题,必须依靠多种措施相互配合。采取“拦、排、放、调、挖,综合治理”等措施,标本兼治,远近结合,可以减缓下游河道淤积;采取“上拦下排,两岸分滞”的治理思路可以有效地控制洪水。将二者有机地结合起来,可以逐步实现黄河长治久安。小浪底水库是控制进入下游水沙的关键工程,是下游防洪工程体系的主体,是供水调节和汛期调水调沙的控制性工程。水库可通过“拦”与“调”两种措施,对下游河道发挥巨大的防洪减淤作用。

小浪底水库运用涉及问题较多,其运用方式的好坏不仅会在下游产生复杂的连锁反应,还将对黄河的治理开发产生深远影响。在小浪底水库工程规划设计阶段及“八五”国家重点科技攻关有关项目中,对水库运用方式就进行了大量的研究工作。但根据多年来的认识,黄河下游河道演变问题十分复杂,短期变化与长期发展,水沙变化与河道调整,部分河段变化与整体演变的关系等方面都需要进一步加强研究。小浪底工程还要与治黄建设的进展统筹协调,并妥善决策近期效益与长期效益的关系。小浪底工程的运用是一个动态的发展的过程,水库运用方式既要有宏观的长远的分析和展望,更要做好近期的具体调度方案,近期调度方案在实施过程中的利弊影响更需要通过实践的检验。因此,小浪底水库的运用方式不可能一成不变,必须结合工程运行实践,结合治黄建设和科技的发展,继续开展研究,逐步深化认识,及时调整调度运用方案。工程开工建设后对小浪底水库运用方式尤其是初期运用方式又进行了大量的研究工作,并列入了“九五”国家重点科技攻关项目。本书重点对 1996 年以来小浪底水库运用方式的主要研究成果和水库运用实践进行总结。

根据库区水流泥沙运动特点和水库淤积发展过程,小浪底水库运用可分为拦沙初期、拦沙后期和正常运用期。其中,拦沙初期指水库泥沙淤积量达到 21 亿~22 亿 m^3 以前。小浪底水库拦沙初期以异重流排沙为主,排沙比较小且变化不大,因此这一时期水库运用应尽可能发挥调节水流过程的作用,提高水库的减淤效益。拦沙初期水库运用方式研究采用实测资料统计分析、数学模型模拟计算和动床模型试验三种手段,相互补充,互为验证,同时与工程建设期间的库区及下游河道原型观测工作紧密结合,用原型观测资料验证数学模型计算成果和物理模型试验成果。提出了一系列研究成果,分析提出了小浪底水库运用初期可能出现的水沙条件预测成果。开展了黄河下游河道冲淤基本规律研究,提出了在汛期对小浪底水库出库流量进行调节控制,使出库流量两极分化的同时,必须相机形成持续一定历时的较大流量,利用大水排沙。分析了水库“拦粗排细”减淤运用应具备的条件,提出了水库初期水沙调节应以调节流量为主的指导思想,为优化小浪底水库调节方式提供了依据。考虑不同水沙条件,经过对多种方案的库区干支流淤积、下游河道减淤及综合利用效益的比较,提出了小浪底水库起始运行水位、调控流量、调控库容等初期调

水调沙运用关键技术指标,与水文预报紧密结合,制定了小浪底水库初期调水调沙调度运用方案。研究了小浪底水库运用初期黄河下游河道冲淤及河槽形态演变、现状整治工程的适应性等,为黄河流域防洪规划和防洪工程建设提供了重要依据。开展了黄河泥沙动床模型的相似理论及设计方法研究,进行了库区及河道泥沙数学模型开发与完善,为小浪底水库调水调沙运用方式研究提供了强有力的技术支撑。充分利用小浪底水库初期库容大的特点,从有效地发挥小浪底水库的防洪作用出发,研究提出了四库联合防洪运用方式。开展了小浪底水库初期防凌、供水灌溉和发电运用方式研究,利用人工神经网络技术建立了小浪底水库运用方式多目标综合评价模型,并对小浪底水库初期运用方案进行综合评价,提出了可操作的水库调度运用方案。主要研究成果已直接用于黄河小浪底水库调水调沙预案制定、防洪预案制定,并直接指导了小浪底水利枢纽的调度运用,产生了一定的社会效益。

在小浪底水库拦沙初期运用方式研究过程中,黄河水利委员会成立了以原副主任陈效国为组长、原总工程师吴致尧为副组长及邓盛明、席家治、林秀山、王咸儒、赵文林为成员的项目领导小组,成立了以水利水电规划设计总院原副总工何孝侠为组长、龚时旻为副组长及何文垣、董哲仁、曾肇京、谢鉴衡、张启舜、刘善建、张仁、陈清濂、王寿昌、龙毓骞、潘贤娣为成员的咨询专家组。以石春先为项目设总,李世滢、刘继祥、安新代为项目副设总,涂启华、陈枝霖为项目技术顾问以及由水库组、下游组、综合组组成的项目组,在领导小组的领导、协调和专家组的指导和帮助下,具体负责项目的组织、实施和管理。黄河水利委员会对小浪底水库运用方式的研究给予了大力支持。黄河水利委员会黄河水利科学研究院等委属有关单位、中国水利水电科学研究院、清华大学、武汉大学、西安理工大学、郑州大学和中国科学院地理研究所等单位参与了研究工作。在“九五”国家重点科技攻关阶段,各有关单位和个人又进行了大量的研究工作。小浪底水库初期运用方式研究的主要完成人为石春先、刘继祥、安新代、安催花、余欣、李世滢、张俊华、张厚军、张红武、胡一三、苏茂林、姜乃迁、何予川、李福生、李海荣、郇国明、张金良、刘海凌、江恩惠、周景芍、符建铭、李希宁、李文家、王煜、李广好、刘红珍、郭选英、曾芹、杨丽丰、陈书奎、周丽艳、万占伟、侯传河、董年虎、张柏山、李景宗、彭瑜、曲少军、王国栋、洪尚池、张翠萍、孙广生、李文学、李连祥等。钱正英、张光斗、潘家铮、徐乾清、韩其为等国内专家对小浪底水库运用方式提出了许多建设性的指导意见和建议。

借此,对帮助及指导小浪底水库运用方式研究的所有专家,支持和帮助小浪底水库运用方式研究的各有关单位和个人表示衷心的感谢。

刘继祥

2007年8月

《水库运用方式研究与实践》编写人员名单

主 编 刘继祥

副主编 安新代 安催花

章 名	编写人员
第一章 水库运用方式研究回顾	刘继祥 安催花
第二章 黄河下游防洪减淤对水库运用的要求研究	刘继祥 郜国明 张厚军
第三章 小浪底水库初期入库水沙条件研究	安新代 何予川
第四章 小浪底水库初期调水调沙减淤运用方式研究	安催花 李世滢 余 欣
第五章 小浪底水库初期运用对下游河道演变影响和对策研究	刘继祥 张厚军
第六章 实体模型试验研究	陈书奎 赵新建 王艳平 曹永涛
第七章 泥沙数学模型研究与应用	张厚军 余 欣 安催花 郜国明
第八章 综合利用调度方式研究	安新代 李福生 李海荣 何予川
第九章 小浪底水库运用实践及认识	李世滢 张厚军 付 建 万占伟
第十章 水库拦沙后期有关问题研究	李世滢 安催花

目 录

总序一	张基尧
总序二	李国英
总前言	林秀山
前 言	刘继祥
第一章 水库运用方式研究回顾	(1)
第一节 多沙河流已建水库运用方式概述	(1)
第二节 小浪底水库运用方式研究回顾	(3)
第三节 小浪底水库拦沙后期运用方式研究简况	(11)
第二章 黄河下游防洪减淤对水库运用的要求研究	(13)
第一节 下游输沙资料的分析与处理	(13)
第二节 河道的冲淤特性	(15)
第三节 小浪底水库运用时的河道边界条件	(36)
第四节 防洪减淤对小浪底水库调水调沙的要求	(39)
第三章 小浪底水库初期入库水沙条件研究	(44)
第一节 近期黄河水沙变化及原因分析	(44)
第二节 水沙趋势性和特殊水沙时段重现期研究	(62)
第三节 小浪底水库运用初期黄河用水、减沙研究	(71)
第四节 小浪底水库初期水沙条件研究	(78)
第五节 小浪底水库初期水沙代表系列研究	(98)
第四章 小浪底水库初期调水调沙减淤运用方式研究	(103)
第一节 水库初期运用的特点及运用原则	(103)
第二节 水库初期减淤运用方案研究	(113)
第五章 小浪底水库初期运用对下游河道演变影响和对策研究	(153)
第一节 小浪底水库运用初期下游河道演变趋势研究	(153)
第二节 现状整治工程的适应性研究	(180)
第三节 对策与措施研究	(195)
第六章 实体模型试验研究	(210)
第一节 模型设计	(210)
第二节 模型验证	(214)
第三节 应用研究	(225)
第七章 泥沙数学模型研究与应用	(257)
第一节 基本原理及有关问题处理	(257)
第二节 模型验证(I)	(270)

第三节	模型验证(Ⅱ)	(279)
第八章	综合利用调度方式研究	(282)
第一节	小浪底水库初期防洪运用方式研究	(282)
第二节	水库防凌运用方式	(304)
第三节	小浪底水电站初期发电运行方式研究	(316)
第四节	以防洪减淤为中心的综合运用方式研究	(340)
第九章	小浪底水库运用实践及认识	(350)
第一节	小浪底水库历年运用情况	(350)
第二节	黄河三次调水调沙试验	(369)
第三节	结语	(389)
第十章	水库拦沙后期有关问题研究	(390)
第一节	相机降水冲刷运用问题研究	(390)
第二节	拦沙后期水库分阶段运用的必要性研究	(391)
参考文献		(393)

第一章 水库运用方式研究回顾

第一节 多沙河流已建水库运用方式概述

水库运用方式是水库对入库水沙的调节方式,是从最大限度地满足水库的开发目标出发,根据入库水沙过程确定的水库蓄水、泄水及水位控制的时程安排。我国大量多沙河流水库运用的实践经验表明,这类水库不仅要调水,还要调沙,尽可能减少水库淤积,保持长期有效库容,减轻下游河道淤积。总结多沙河流水库的运用方式,概括起来有如下四种类型。

一、蓄洪运用

这种运用方式的特点是水库不仅在非汛期含沙量较低时蓄水,而且在汛期含沙量较高时也拦洪蓄水,一年内有蓄水和供水两个时期,与少沙河流水库运用相似,按径流调节及泥沙处理程度、处理方式的不同,蓄洪运用方式又可分为蓄洪拦沙与蓄洪排沙两种形式。

蓄洪拦沙运用方式是指在运用中完全不考虑排沙,以一定库容拦蓄泥沙,水库的蓄水、放水等调度完全根据各兴利部门的要求确定,水库调水性能有可能达到多年调节,即水库不仅在年内调节汛期、非汛期来水,而且在年际间也进行调节,拦蓄丰水年或特丰水年的来水,供平、枯水年之用。这样的运用方式,径流调节程度高,但由于不考虑排沙,如果来沙量较大,水库淤积速度将会很快,库容损失率也大,水库的近期效益虽高,但远期效益随着库容的淤损显著降低。官厅水库 1956 ~ 1959 年、三门峡水库 1960 ~ 1962 年曾采用这种运用方式,水库淤积严重。这种运用方式一般适用于相对于库容来说河流来沙量不大,水库有一个世纪或几个世纪设计效益的水库。

蓄洪排沙运用方式是指水库在来水来沙的主要季节,只拦蓄一部分洪水,汛期限制水位主要由泥沙制约的运用方式。一般情况下,库水位超过汛限水位时水库弃水。我国的刘家峡、冯家山、石泉等水库,即为这类运用方式的实例。采用这种运用方式的水库,水量可以达到年调节或不完全的多年调节,水库可以利用异重流或浑水水库排出一部分泥沙,或通过控制库水位,限制泥沙淤积在某一高程下,以尽量保持长期有效库容。

二、蓄清排浑运用

蓄清排浑运用,是指水库在少沙期拦蓄含沙量较低的水流蓄水兴利,当汛期洪水含沙量较高时则不予拦蓄,尽量排出库外,以减轻水库淤积。这种运用方式与上述运用方式不

同之处在于水库在年内运用中有明显的排沙期,能做到既调水又调沙,大大减轻水库淤积,使水库达到年内或一定时期内冲淤基本平衡,从而可以长期保持一定的有效库容。目前,我国多沙河流水库采用这种运用方式较多,根据水库运用对泥沙调节形式的不同,蓄清排浑运用又分为如下几种形式。

(一) 汛期滞洪运用

汛期滞洪运用即汛期采取空库迎洪、滞洪排沙,水库对洪水按泄流能力自然滞洪,仅起缓滞作用,洪水过后随即泄空,利用泄空过程中所造成的溯源冲刷和沿程冲刷,将前期蓄水期和滞洪期淤积的泥沙排至库外。这种运用方式排沙效果好,能大大减少水库的淤积,如黑松林、红领巾、洗马林等水库。

(二) 汛期控制低水位运用

汛期控制低水位运用即汛期不泄空水库形成空库迎洪,而采取限制一定的低水位进行控制运用,这个水位一般为排沙水位。当洪水到来时,库水位限制在这一水位运用,大部分洪水排至库外,因而排走汛期大部分泥沙,依靠年际间来水的丰枯过程,也可基本控制水库的淤积。青铜峡水库和改建后的三门峡水库即属于这种类型。

(三) 汛期控制蓄洪运用

汛期控制蓄洪运用即汛期含沙量较高的洪水采取降低水位控制运用,使泥沙排至库外,而含沙量较低的小洪水则适当地加以拦蓄,以提高兴利效益,满足用水的需要。采用这种运用方式的目的是,一方面尽可能减少水库淤积,另一方面又要尽可能多蓄水,以发挥水库的综合利用效益。如山西恒山水库,其水沙特点是汛期水沙很集中,汛后基流甚小,若汛期洪水全部排泄,则汛后无水可蓄,不能保证灌溉用水的需要,为此采取汛期前期泄洪排沙,后期拦洪蓄水,以解决排沙与蓄水的矛盾。

三、缓洪运用

这是一种由上述两种方式派生出来的运用方式,介于两者之间,既不同于蓄洪运用,又不同于蓄清排浑运用。有自由滞洪运用和控制缓洪运用两种形式。前一种形式是水库的泄流设施不设闸门控制,洪水入库后一般是穿堂而过,不进行径流调节,只起到自由缓洪作用。这种运用方式多适合于以防洪为单一目标的水库。如辽宁闹德海水库,1970年以前即采用这种运用方式,其作用是削减洪峰以保证下游铁路的安全。其运用结果是汛期淤积,非汛期冲刷,涨洪淤积,落洪冲刷,水库有淤有冲,基本上达到冲淤平衡,自1942年建成以来闹德海水库库区河床几乎无变化。后一种形式是有控制地缓洪,以提高引洪量和延长引洪时间。采用这种引洪方式的水库,一般是枯水期无基流,只在发洪水时才有水,但洪水含沙量又高,淤积严重,因此既不能蓄洪,也不能蓄清排浑。

四、调水调沙运用

这种运用方式是在总结水库蓄清排浑运用经验的基础上,根据水库及水库下游河道对水库运用的要求而进行调节的一种运用方式,目前仅在黄河中游水库进行了研究,黄河小浪底水库采用了这种运用方式。其指导思想是在充分发挥水库以防洪减淤为中心的综合利用效益的前提下,根据多沙河流水库运用不同阶段库区泥沙运行的特点,以充分发挥