

三门峡 水库淤积与 潼关 高程

胡春宏 陈建国 郭庆超 著



科学出版社
www.sciencep.com

三门峡 水库淤积与 潼关 高程

胡春宏 陈建国 郭庆超 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书针对三门峡水库严重的泥沙淤积和潼关高程居高不下等问题,采用实测资料分析、理论分析、实体模型试验和泥沙数学模型计算等多种研究手段,对渭河水沙过程变化与下游河道演变、三门峡水库淤积过程与潼关高程变化、三门峡水库运用方式与降低潼关高程、潼关高程变化对渭河下游的影响、东庄水库与引江济渭工程对渭河下游的作用等进行了系统研究。研究工作以降低潼关高程和减少库区泥沙淤积为目标,提出了潼关高程降低的近期与中长期目标和三门峡水库运用方式的调整方案。研究成果为三门峡水库运用方式的调整和降低潼关高程提供了科学的依据。

本书可供从事泥沙运动力学、河床演变与河道整治、水库泥沙、防洪减灾、黄河治理等方面研究、设计和管理的科技人员及高等院校有关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

三门峡水库淤积与潼关高程/胡春宏,陈建国,郭庆超著. —北京:科学出版社, 2008

ISBN 978-7-03-022545-0

I. 三… II. ①胡… ②陈… ③郭… III. 水库淤积—研究—三门峡市
IV. TV145

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 107303 号

责任编辑:李 敏 / 责任校对:刘小梅
责任印制:钱玉芬 / 封面设计:耕者设计室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16
2008年8月第一次印刷 印张:15 1/2 插页:4
印数:1—2 000 字数:365 000

定价:80.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

前 言

三门峡水库是黄河上修建的第一座大型水利枢纽工程，自 1960 年 9 月开始蓄水运用至今已 50 余年。由于在三门峡水利枢纽规划设计、建设和初期运行阶段，对泥沙问题认识不够，设计泄流规模不足和水库运用方式不当，致使在水库运用初期库区发生了严重淤积，潼关高程（流量为 $1000\text{m}^3/\text{s}$ 时的水位）急剧抬升，导致渭河下游河床不断淤积抬高，防洪形势日趋严重，直接威胁到西安市的防洪安全，同时也造成关中地区地下水位上升，渭河两岸内涝，沿岸土地盐碱化，生态环境恶化，居民生活水平得不到提高，严重影响了关中平原的经济发展和社会稳定。

为了减轻水库泥沙淤积带来的不利影响，三门峡水库被迫进行了两次改建和两次改变运行方式。第一次改建于 1968 年完成，第二次改建于 1973 年完成，通过两次改建有效地增加了水库的泄流规模。在水库运用方式上，1962 年 4 月三门峡水库的运用方式由“蓄水拦沙”运用改为“滞洪排沙”运用，1973 年 10 月以后又改变为“蓄清排浑”运用。实施这些措施以后，水库淤积得到了有效控制，潼关高程有了较大幅度的下降，并在一个较长的时期内得到了维持。然而，1985 年汛末以后，由于来水持续偏枯，潼关高程开始缓慢抬升，到 20 世纪 90 年代后期潼关高程一直处于 328m 以上，居高不下。

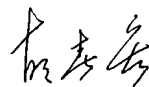
潼关高程是渭河下游的侵蚀基准面，潼关高程的抬升给渭河下游泥沙淤积、防洪安全、社会经济发展和生态环境带来了一系列的问题。长期以来，潼关高程一直为世人所关注，特别是近十多年来，降低潼关高程、减少库区泥沙淤积、减轻库区洪涝灾害，再次引起了社会各界的广泛关注，成为当前迫切需要解决的问题。1999 年底小浪底水库的建成和投入运用，为减轻三门峡水库的防洪、防凌、灌溉等任务提供了契机，也为通过改变三门峡运用方式来降低潼关高程、减轻三门峡水库运用对渭河下游的不利影响创造了条件。在这样的背景下，2001 年，中国工程院重大咨询项目“西北地区水资源配置生态环境建设和可持续发展战略研究”中将“降低潼关高程可能性研究”列为研究专题，2002 年水利部把“潼关高程控制及三门峡水库运用方式研究”列为重点研究项目，以加强对三门峡水库淤积和潼关高程问题的研究，并为三门峡水库运用方式的调整和降低潼关高程提供科技支撑。本项目得到了

国家杰出青年科学基金项目（50725930）和国家自然科学基金创新群体基金项目（50721006）的资助。

本书是作者在系统总结近年承担的上述项目研究成果及以往相关研究的基础上形成的，全书共分8章，主要内容及编写人员如下：第1章绪论，由陈建国和胡春宏执笔；第2章渭河下游水沙过程变化与河道演变，由胡春宏和陈建国执笔；第3章三门峡水库淤积过程与潼关高程变化，由郭庆超和陈建国执笔；第4章三门峡水库与渭河下游河道演变模拟技术，由陈建国和郭庆超执笔；第5章三门峡水库运用方式与降低潼关高程，由胡春宏、郭庆超和陈建国执笔；第6章潼关高程变化对渭河下游的影响，由陈建国和胡春宏执笔；第7章东庄水库与“引江济渭”工程对渭河下游的作用，由胡春宏、陈建国和王崇浩执笔；第8章主要结论与建议，由胡春宏和陈建国执笔。全书由胡春宏审订统稿。

本书的研究成果是在多位同事经过多年的共同努力基础上完成的，参加研究的主要人员有：胡春宏，陈建国，郭庆超，戴清，王延贵，王崇浩，史红玲，邓安军，胡健，袁玉萍，李希霞，李慧梅，朱毕生，董占地，刘大滨，祁伟，陆琴，孙高虎，王国庆，杨震等。在研究过程中，全体研究人员密切配合，相互支持，圆满地完成了研究任务，在此，对他们的辛勤劳动表示诚挚的感谢！

限于作者水平，加之时间仓促，书中定有不少欠妥或谬误之处，敬请读者批评指正。



2008年4月于北京

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 三门峡水库概况	2
1.2 三门峡水库的修建和改建及其经历的运用方式和产生的问题	4
1.2.1 三门峡水库的修建和改建	4
1.2.2 三门峡水库经历的运用方式和产生的问题	7
1.3 研究内容与研究成果	8
1.3.1 研究内容	8
1.3.2 研究成果	9
参考文献	9
第 2 章 渭河下游水沙过程变化与河道演变	11
2.1 渭河下游与泾河来水来沙过程	12
2.1.1 渭河下游河道概况	12
2.1.2 渭河下游来水来沙过程变化	15
2.1.3 近 20 年渭河下游来水来沙过程变化特征	21
2.2 三门峡水库修建前渭河下游的河道演变	24
2.3 三门峡水库修建后渭河下游的河道演变	24
2.3.1 渭河下游河道淤积量变化过程	24
2.3.2 近 20 年来渭河下游河道淤积的特征	27
2.3.3 渭河下游河道淤积原因分析	32
2.3.4 高含沙水流的输沙特性	33
参考文献	38
第 3 章 三门峡水库淤积过程与潼关高程变化	39
3.1 小北干流来水来沙过程	40
3.1.1 小北干流来水来沙量的年际变化	40
3.1.2 小北干流来水来沙量的年内分配	44
3.1.3 小北干流流量的变幅	45
3.1.4 小北干流各流量级和各含沙量级出现几率的变化	46
3.1.5 小北干流悬移质级配的变化	48
3.1.6 小北干流支流来水来沙情况	49

3.2	三门峡水库运用方式与淤积过程	51
3.2.1	三门峡水库运用方式	51
3.2.2	三门峡水库淤积过程	56
3.3	三门峡水库修建前潼关高程的变化	59
3.3.1	历史时期潼关高程变化	59
3.3.2	建库前期潼关高程变化	60
3.4	三门峡水库修建后潼关高程变化及其成因	61
3.4.1	建库后潼关高程的变化过程	61
3.4.2	潼关高程上升对其上游河道的影响	63
3.4.3	建库后潼关高程成因分析	64
	参考文献	72
第4章	三门峡水库与渭河下游河道演变模拟技术	74
4.1	泥沙数学模型	75
4.1.1	泥沙数学模型计算方法	75
4.1.2	三门峡库区与渭河下游河道挟沙能力	79
4.1.3	泥沙数学模型率定与验证	82
4.2	全动床实体模型	90
4.2.1	渭河下游河道实体模型设计	90
4.2.2	实体模型验证试验	112
	参考文献	123
第5章	三门峡水库运用方式与降低潼关高程	125
5.1	三门峡水库不同运用方案设计	126
5.1.1	水沙系列确定	126
5.1.2	水库运用条件	132
5.1.3	计算的初始条件	133
5.2	三门峡水库不同运用方案对降低潼关高程的作用	134
5.2.1	三门峡水库不同运用方案时计算的潼关高程变化过程	134
5.2.2	三门峡水库不同运用方式对潼关高程的影响	142
5.2.3	三门峡水库来水来沙条件对潼关高程的影响	144
5.2.4	三门峡水库不同运用方案时计算的三门峡库区冲淤量	144
5.3	降低潼关高程的途径	150
5.3.1	降低潼关高程的途径与预期目标	150
5.3.2	综合措施对降低潼关高程的作用	152
5.3.3	潼关高程的稳定降低	153
5.4	三门峡水库运用方式的调整方案	155

参考文献	158
第 6 章 潼关高程变化对渭河下游的影响	159
6.1 实体模型试验方案	160
6.1.1 实体模型试验水沙系列及其特征	160
6.1.2 实体模型试验条件与试验方案	162
6.2 不同潼关高程对渭河下游影响的实体模型试验成果	163
6.2.1 水沙系列 1 的实体模型试验成果	163
6.2.2 水沙系列 2 的实体模型试验成果	171
6.2.3 实体模型试验成果综合分析	178
6.3 汇流区整治对潼关高程及渭河下游的影响	180
6.3.1 汇流区实体模型试验水沙系列特征	180
6.3.2 汇流区实体模型试验条件	181
6.3.3 汇流区整治方案与试验方案	182
6.3.4 汇流区不同整治方案实体模型试验成果分析	185
参考文献	195
第 7 章 东庄水库与“引江济渭”工程对渭河下游的作用	196
7.1 东庄水库修建对渭河下游的作用	197
7.1.1 东庄水库概况	197
7.1.2 计算方案及计算条件	198
7.1.3 计算水沙系列特征	199
7.1.4 东庄水库 30 亿 m^3 库容、不放淤用淤运用对渭河下游河道的作用	206
7.1.5 东庄水库 30 亿 m^3 库容、放淤用淤运用对渭河下游河道的作用	215
7.1.6 东庄水库 26 亿 m^3 库容运用对渭河下游河道的作用	221
7.2 “引江济渭”工程对渭河下游的影响	228
7.2.1 “引江济渭”工程概况	228
7.2.2 “引江济渭”工程设想方案	229
7.2.3 “引江济渭”工程不同引水规模对渭河下游河道的作用	230
7.2.4 “引江济渭”工程有关技术问题的探讨	236
参考文献	238
第 8 章 主要结论与建议	240

第 1 章

Chapter 1

绪 论

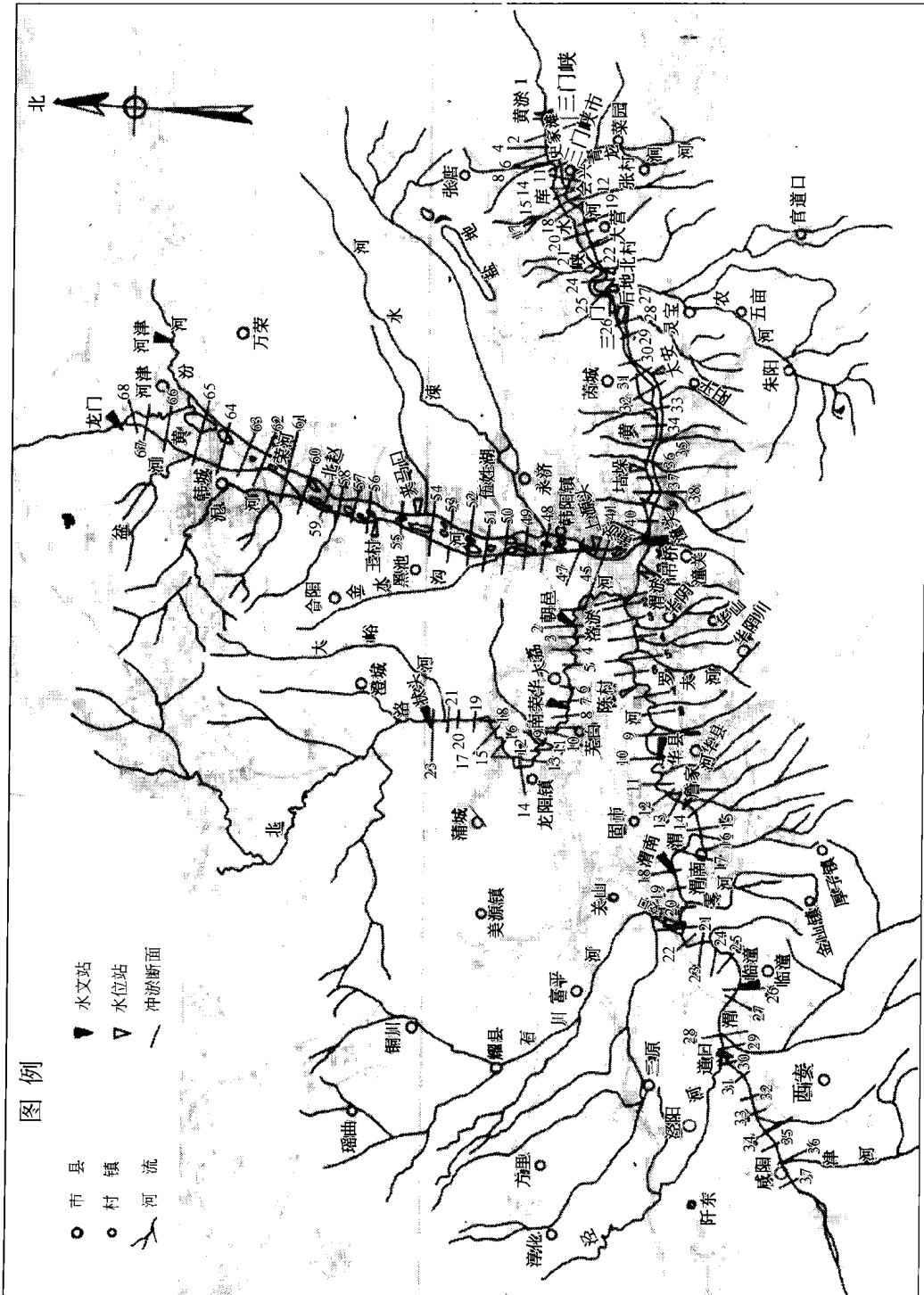
1.1 三门峡水库概况

三门峡水利枢纽是黄河干流上修建的第一座大型水利枢纽工程,控制了黄河流域面积的 91.5%、来水量的 89%、来沙量的 98%,工程的任务是防洪、防凌、灌溉、发电和供水。枢纽工程位于黄河中游下段的干流上,连接豫、晋两省。库区遍布在中条山和秦岭之间的山间盆地中。库区的西部有黄河最大的支流渭河自西而东穿行,在潼关处汇入黄河,渭河下游地势较平坦,河道平缓。潼关以上的黄河河谷较宽,且有辽阔的渭河平原。在潼关处,黄河受秦岭阻挡,转折向东流,中条山和华山将该处的河槽宽度压缩到约 900m,形成了一个卡口。从潼关到三门峡坝址,河槽变窄,两岸地面沟壑冲刷,高低起伏,河道上宽下窄,滩高槽深,主流被缩束在狭窄的河槽内,蜿蜒曲折。

三门峡水库库区范围包括自黄河龙门、渭河临潼、汾河河津和北洛河状头 4 个水文站到大坝区间的干支流,如图 1-1 所示,图 1-1 中也给出了渭河下游、小北干流和潼关以下各测量断面布置情况。在此区间内加入的集水面积为 29 688km²,其中,潼关以上为 23 408km²,潼关以下为 6280km²。库区按河道特点可分为四大库段:①黄河龙门至潼关库段长 134.4km,河宽为 4~19km,穿行于陕、晋两省之间,是两省界河,属游荡型河段。②黄河潼关至大坝库段长为 113.2km,河宽为 1~6km,河槽宽度为 500m 左右,属峡谷型河段。③渭河临潼至汇入黄河口库段长为 127.7km 左右,河宽为 3~6km,两岸是河谷阶地,流经陕西省的临潼、渭南、华县、大荔、华阴和潼关 6 县,该库段地处关中平原,土地肥沃,为陕西省粮仓之一。④北洛河状头至汇入渭河口库段长为 121.9km,河宽为 1~2km。两岸为黄土台塬,高出河床 50~100m,土地肥沃,也是陕西省粮仓之一,该库段流经陕西省的蒲城和大荔两县。

三门峡枢纽坝址两岸为地势峻峭的峡谷地带,左岸大部为陡崖峭壁,右岸稍为平缓。黄河流至三门峡峡谷处,河道由向东流急转为向南流,约成 90°拐弯。枢纽坝址坐落在坚硬的闪长玢岩岩体上,地质地形条件优良。河流在峡谷中受矗立河中的鬼门和神门所挡,将河水劈为鬼门、神门和人门三股激流,故名“三门峡”。三门峡水势湍急,浊浪排空,惊涛拍岸,向有“三门天险”之说,拦河大坝就横亘在鬼门岛上游,穿越神门岛尖和左岸人门半岛上游。三门峡水利枢纽工程的大坝和水电站委托原苏联专家设计,原设计主要指标为:将千年一遇洪峰(推算洪峰流量 37 000m³/s)削减至下游堤防安全泄量为 6000m³/s,灌溉农田为 6500 万亩(1 亩≈666.7m²),水电站安装发电机组 8 台,总装机容量为 116 万 kW,年发电量 60 亿 kW·h,厂房为坝后式,调节下游河道水深常年不小于 1m,从邙山到入海口通航 500t 拖轮,设计正常高水位为 360m 高程,总库容为 647 亿 m³,淹耕地为 325 万亩,移民 87 万^[1~4]。

为了确保西安市安全和减少近期水库淹没损失,确定三门峡水利枢纽工程分期修筑、分期移民和分期抬高水位运用。按正常高水位 360m 高程设计,第一期工程先按正常高水位为 350m 高程施工,运用水位 340m 高程。大坝坝顶实际浇筑高程为 353m,相应库容为 354 亿 m³。根据分析,当出现千年一遇洪水时,水库拦洪水位为 335m 高程左



右, 出现二百年一遇洪水时, 拦洪水位为 332.5m 高程。因此, 确定三门峡水库 1960 年汛前移民高程线为 335m, 近期最高拦洪水位不超过 333m 高程。1961 年 2 月 9 日的实际运用最高蓄水位为 332.58m 高程, 蓄水量为 72.3 亿 m^3 。按 335m 高程线全库区实际已移民 40.37 万, 淹没耕地 90 万亩。335m 高程的库水位, 相应库容为 96.4 亿 m^3 , 水库面积为 1076 km^2 。

三门峡水利枢纽工厂主要由大坝、泄流建筑物和电站组成^[5], 如图 1-2 所示。大坝为混凝土重力坝, 主坝长为 713.2m, 最大坝高为 106m, 其中左岸有非溢流坝段、溢流坝段、隔墩坝段、电站坝段、右岸非溢流坝段; 右侧副坝为双绞心墙斜丁坝, 在溢流坝段 280m 高程设 12 个施工导流底孔, 在 300m 高程设 12 个深水孔, 在 338m 高程设有 2 个表面溢流孔。水电站为坝后式电站, 设有 8 条压力发电钢管。

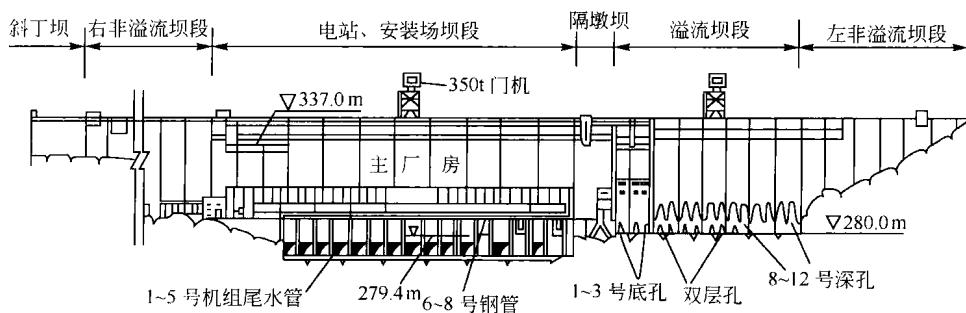


图 1-2 三门峡枢纽下游立视图

1.2 三门峡水库的修建和改建及其经历的运用方式和产生的问题

1.2.1 三门峡水库的修建和改建

三门峡水利枢纽工程于 1960 年 9 月建成并开始按“蓄水拦沙”运用(最高蓄水位为 332.58m), 大量的泥沙淤积在库内, 水库排沙比仅为 6.8%, 运用后的一年半时间内, 库区泥沙淤积严重, 330m 高程以下淤积泥沙量达 15.3 亿 t, 有 93% 的来沙淤积在库内, 渭河口形成拦门沙, 直接威胁到关中平原的防洪安全。为此, 1962 年 3 月水库由“蓄水拦沙”运用方式改按“滞洪排沙”运用, 汛期水库闸门全面敞开, 只保留防御特大洪水的任务。由于水库泄水孔位置较高, 在 315m 水位时水库只能下泄 3084 m^3/s 的流量, 入库泥沙仍有 60% 淤积在库内, 特别是遇到 1964 年丰水丰沙年, 泥沙淤积问题十分突出, 至 1964 年 10 月, 库区泥沙总淤积量已达 47 亿 t。

三门峡水库初期运用出现严重淤积问题后, 1962 年 4 月, 在第二届全国人民代表大会第三次会议上, 陕西省代表提出提案, 要求从速制定三门峡水库近期运用原则及管理运用的具体方式, 枢纽增建泄流排沙设施, 加大泄流排沙能力, 并建议当前水库的运用应以滞洪排沙为主。第二届全国人民代表大会第三次会议后, 水利电力部两次召开了三

门峡水库问题的座谈会，1964年12月，周恩来总理亲自主持召开了“治黄会议”，讨论三门峡水库改建与运用方式的问题，与会大多数代表认为，三门峡水库的运用方式由“蓄水拦沙”改为“滞洪排沙”是正确的，但对于是否增加泄流排沙设施及增建规模等存在分歧，主要争论意见包括以下几个方面：①关于水库运用方式及拦沙与排沙问题。参加座谈会的多数人主张枢纽的运用方式采用拦洪排沙（滞洪排沙），少数代表认为水库应坚持蓄水拦沙的运用方式。②关于泥沙问题与库区及下游治理：多数人的意见认为黄河根本的问题是泥沙问题，要解决泥沙问题，最根本的办法是搞好水土保持工作。关于黄河下游的问题，有人提出，在增建泄流排沙设施前，利用下泄沙量不多的有利时机抓紧下游河道整治，工程不大，但见效快。也有人则提出，黄河下游应有计划地进行放淤造田，处理泥沙，这对两岸的农业增产及改善盐碱洼地都有好处。潼关以上的库区，特别是渭河下游，由于水库回水泥沙淤积引起一些问题，多数人认为应尽早抓紧研究，进行整治，还有人提出对黄河朝邑滩及渭河南岸低洼地带，应进行有计划放淤，把淤积引向比较有利的地方。③关于改建方案问题。多数与会者认为，增建泄流排沙设施是十分必要的，为了保证库区不受浸没影响，减轻库区移民困难，增建泄流排沙设施是迫在眉睫的大事，这是水土保持和拦泥库所无法代替的，增建后可以控制运用。通过调节径流可以调节泥沙，有可能探索到水库最佳控制运用方式，使更多的泥沙输送入海。但在增建规模上存在争议，有的人提出增建两条泄流隧洞，有的人提出增建两条隧洞和打开3个底孔，有的人主张增建两条隧洞和改建4条发电引水钢管为泄流排沙管道，有的人主张打开12个原施工导流底孔等。周恩来总理在“治黄会议”的总结讲话中指出：“治理黄河规划和三门峡枢纽工程，做得全对还是全不对，是对的多还是对的少，这个问题有争论，还得经过一段时间的试验、观察才能看清楚，不宜过早下结论。总的战略是要把黄河治理好，把水土结合起来解决，使水土资源在黄河上中下游都发挥作用，让黄河成为一条有利于生产的河。”关于三门峡水利枢纽工程改建问题，周恩来总理说：“当前关键问题是泥沙，五年三门峡水库淤成这个样子，如不改建，再过五年水库淤满后遇上洪水，无疑将会对关中平原有很大影响，不能只顾下游不看中游，要有全局观点。”周恩来总理集中了大家的意见最后决定：“三门峡水利枢纽工程改建时机不能再等，确定在枢纽的左岸增建两条泄流排沙隧洞，改建5~8号原建的四条发电引水钢管为泄流排沙管道以加大枢纽的泄流排沙能力，解决库区泥沙淤积的燃眉之急。”为此，三门峡水利枢纽工程进行了两次大的改建，主要是增加及改建泄流设施以加大各级水位下的泄流能力。具体改建情况叙述如下：

第一次改建

三门峡水利枢纽工程第一次改建主要是增建两条泄流隧洞和改建四条发电引水钢管为泄流排沙管道（简称“两洞四管”）。增建的两条隧洞，位于左岸，在平面上互相平行，设计水位为340m，其进口分别在坝轴线上游100m和140m处，出口分别在坝轴线下游250m和388m处，洞长分别为393.9m和514.5m，两条隧洞直径为11m，进口底槛高程为290m，出口为挑流鼻坎。改建的四条钢管是将进口高程为300m、直径为7.5m的原5~8号机组发电引水钢管，改建为泄流排沙钢管，并将原来的钢管向下游方向延长至尾水部位，设计的最高运行水位高程为335m。第一次改建的“两洞四管”工程于

1968年8月全部建成并投入运用后,枢纽的泄流能力在库水位315m高程时,泄量由原来的 $3084\text{m}^3/\text{s}$ 增加至 $6102\text{m}^3/\text{s}$;水库排沙比增加至80%。第一次改建后潼关以下库区开始由淤积变为冲刷,从1966年7月至1970年9月,净冲刷出库泥沙量为1.38亿 m^3 ,至1968年10月330m高程以下的库容比1964年10月恢复了3.03亿 m^3 。1967年汛期一号隧洞和“四管”投入运用,该年遭遇丰水丰沙年,坝前水位较改建前降低8m,潼关以下库区汛期虽仍发生淤积,但据估算较改建前减少淤积1.60亿t,潼关同流量水位仍有升高,但已明显有所减缓。

第二次改建

三门峡水利枢纽工程第一次改建工程完成后,枢纽的泄流规模增大了1倍,缓解了水库的严重淤积,但仍有20%的来沙淤积在库内。潼关以下库区虽已由淤积变为冲刷,但冲刷范围尚未影响到潼关,潼关以上库区和渭河仍在继续淤积,尤其是遭遇1967年的丰水丰沙年,黄河倒灌渭河,再加上与北洛河高含沙洪水遭遇,渭河口8.8km的主河槽被淤塞,淤积上延发展,关中平原受到严重威胁。为了解决库区淤积问题,发挥已建工程的效益,需要对三门峡枢纽工程进一步改建。

1969年6月,根据周恩来总理指示,在三门峡市召开了晋、陕、豫、鲁四省会议,会议对三门峡水库再次改建和水库运用的原则,以及改建的规模进行了讨论,提出工程改建的原则是“在确保西安、确保下游的前提下,合理防洪、排沙放淤、径流发电”。第二次改建工程包括:打开1~8号导流底孔,下卧1~5号发电引水钢管进口,要求坝前水位在315m时,下泄流量达 $10\,000\text{m}^3/\text{s}$,一般洪水回水不影响潼关,发电装机4台(后改为5台),并入中原电力系统。水库运用原则是:当三门峡水库以上发生大洪水时,敞开闸门泄洪;当预报花园口可能超过 $22\,000\text{m}^3/\text{s}$ 洪水时,根据上游来水情况,关闭部分或全部闸门,冬季承担下游防凌任务。发电运用水位汛期为305m,必要时降到300m,非汛期为310m。要求对运用方式在实践中不断总结经验,加以完善。四省会议后,1969年12月17日水电部(69)水电军生字第265号文通知:“关于三门峡改建方案,经国务院批准,先开挖表面溢流坝段下三个底孔,改建1~4号钢管为径流电站,并立即进行施工,通过实践到明年上半年再在总结经验的基础上,决定最后方案。”第二次改建实际实施的改建项目是:挖开1~8号原施工导流底孔;改建电站坝体的1~5号机组的进水口,将发电进水口高程由原来的300m下降至287m,安装5台轴流转桨式水轮发电机组,总装机容量为25万kW。第二次改建的泄流工程于1971年10月完成并投入运用,在库水位315m高程时泄流规模达到 $9060\text{m}^3/\text{s}$ 。第一台发电机组于1973年12月26日并网发电,其余4台机组也相继于1975至1979年并网发电。1973年底水库开始实行“蓄清排浑”控制运用。

三门峡水利枢纽经两次改建,增加了泄流排沙设施,进一步降低了泄水孔高程,加大了泄流排沙能力。但底孔投入运用后,闸门门槽和底板等过流部位遭受严重磨损和侵蚀,影响正常运行。为解决这一问题,又对底孔进行了修复和再次改建,改建底孔的工程包括压缩1~8号底孔出口过水断面和对闸门门槽进行改造。为减少改建对水库正常运用的影响,对底孔的改建只能分期分批进行,至1988年,经修复和改建的底孔才得以全部投入运用。底孔出口压缩后,泄量有所减少,8个底孔共减少 $471\text{m}^3/\text{s}$,占总泄量

的5.2%，因此，1990～2000年，又打开了9～12号底孔，以弥补由于改建而减少的泄量。

1.2.2 三门峡水库经历的运用方式和产生的问题

三门峡水利枢纽工程兴建后，在原建的基础上，枢纽工程进行了两次大的改建，水库运用方式经历了“蓄水拦沙”、“滞洪排沙”和“蓄清排浑”控制运用3个时期。

1. “蓄水拦沙”运用期（1960年9月至1962年3月）

水库1960年9月15日开始蓄水，并采用“蓄水拦沙”运用方式，1961年2月9日水库蓄至最高水位332.58m，至1962年3月入库水量为717亿 m^3 ，沙量17.36亿t，有13%的泥沙以异重流形式排出库外。由于水库回水超过潼关，库内淤积严重，在此期间（19个月）潼关高程（1000 m^3/s 水位）上升了4.5m。

2. “滞洪排沙”运用期（1962年3月至1973年10月）

“滞洪排沙”运用期水库经历了两个阶段：①原建规模阶段（1962年3月至1966年6月）。这一阶段泄流建筑物只有原建的12个深孔，虽然水库敞泄排沙，水库的排沙比显著增加，由原来的6.8%增加到了63%，库区淤积有所缓和，但因泄流排沙规模不足，泄水建筑物高程较高，遇到丰水丰沙的1964年，水库滞洪淤积仍十分严重。在此期间，库区淤积不断向上游发展，两岸地下水位抬高，沿岸浸没盐碱面积增大。②工程两次改建阶段（1966年7月至1973年10月）。三门峡工程经过先后两次改建，水库的泄流能力加大，潼关以下库区冲刷泥沙4亿 m^3 ，槽库容恢复到接近建库前水平，并形成高滩深槽，潼关高程下降了近2m，潼关以上库区由淤积上延造成的淤积也大为减轻，为三门峡水库控制运用创造了条件，在这一阶段，水库还承担了防凌和春灌任务。

3. “蓄清排浑”控制运用期（1973年11月至目前）

在三门峡水利枢纽工程两次改建完成后，水库于1973年底开始采用“蓄清排浑”控制运用，即在来沙少的非汛期蓄水防凌、春灌、发电，汛期降低水位防洪排沙，把非汛期淤积在库内的泥沙调节到汛期，特别是在洪水期排出水库。水库“蓄清排浑”控制运用结果表明，在一般水沙条件下，潼关以下库区能基本保持冲淤平衡，遇不利的水沙条件时，当年非汛期淤积还不能全部排出库外，有利水沙条件时潼关以下库区可能微冲或保持冲淤平衡。水库的冲淤特性还与水库各个时期的调度情况紧密相关，具体的控制指标是水库的运用水位。

三门峡水库投入运用后，来水来沙条件经历了几个不同时期，水库建库初期入库水沙量较丰，1960～1968年年平均来水量为463亿 m^3 ，年平均来沙量为14.5亿t，其中，汛期平均来水量281亿 m^3 ，占年平均来水量的60.8%，汛期平均来沙量12.3亿t，占年平均来沙量的84.8%；1968年10月和1986年10月，刘家峡和龙羊峡水库相继投入运用，入库水沙量明显减少，年平均来水来沙量分别为372亿 m^3 和11.2亿t；

1986~2000年入库年平均水沙量进一步减少,年平均来水来沙量分别为262亿 m^3 和8.61亿t。

随着三门峡水库运用方式和入库水沙条件的改变,库区泥沙淤积部位和淤积量也相应地发生变化。从大区段看潼关以下累计最大淤积量发生在1964年10月,达37.22亿 m^3 ,占1964年10月全库区累计淤积量45.61亿 m^3 的81.6%。1964年以后潼关以下库段冲刷,潼关以上库段淤积,截至1973年11月,全库区累计淤积泥沙量为57.34亿 m^3 ,其中潼关以下累计淤积泥沙量为27.85亿 m^3 ,占全库区累计淤积量的48.6%;潼关以上的黄河小北干流累计淤积泥沙量为18.54亿 m^3 ,占32.3%;渭河累计淤积泥沙量为9.721亿 m^3 ,占17.0%;北洛河淤积泥沙量为1.229亿 m^3 ,占2.1%。1973年11月至1986年10月水库“蓄清排浑”运用13年,全库区仅淤积泥沙为0.2560亿 m^3 ,其中潼关以下淤积泥沙为0.2498亿 m^3 ,潼关以上的黄河小北干流淤积泥沙0.0931亿 m^3 ,渭河冲刷泥沙为0.2349亿 m^3 ,北洛河淤积泥沙为0.1480亿 m^3 ,全库区泥沙冲淤量基本平衡。1986年以后,由于入库水沙偏枯,库区又逐年淤积,1986年11月至2000年10月,全库区淤积泥沙为13.1639亿 m^3 ,其中潼关以下淤积泥沙为2.3578亿 m^3 ,潼关以上的黄河小北干流淤积泥沙为6.0806亿 m^3 ,渭河淤积泥沙为3.2479亿 m^3 ,北洛河淤积泥沙为1.4776亿 m^3 。

三门峡库区泥沙的大量淤积,使得潼关高程大幅抬升,给黄河小北干流及渭河下游带来了不利影响,导致黄河小北干流河床淤积抬高,宽浅散乱形势进一步加剧,河势游荡摆动更加频繁,使工程出险长度、坝次不断增加,并造成滩地盐碱化日益严重、生态环境恶化等严重问题;渭河下游河床淤积导致河势恶化,原有的一些天然节点,失去了控制河势的作用,出现了“S”型河湾和横河、斜河,威胁两岸原有的村庄和防洪安全,渭河淤积使得河道过洪能力减小,洪水位抬高,洪水传播时间加长,渭河下游已成为地上河,临背差达2~3m,防洪形势十分严峻,严重威胁古都西安的防洪安全。渭河淤积还导致南山支流尾闾淤堵,河口宣泄不畅,加上南山支流的堤身单薄,一遇洪水极易造成决口,渭河“92·8”洪水,南山支流生产围堤多处漫顶决口,直接经济损失达3.5亿元;渭河2003年洪水造成库区支流堤防10处决口,直接经济损失达29亿元。渭河河道淤积和水位抬高,还导致渭河两岸内涝,地下水位抬高,沿岸土地盐碱化,生态环境恶化,居民生活水平得不到提高,严重影响了关中平原的经济发展和社会稳定。因此,降低潼关高程、减少库区泥沙淤积已成为三门峡水库治理的关键和迫切需要解决的问题之一,受到了社会各界的广泛关注。

1.3 研究内容与研究成果

1.3.1 研究内容

针对三门峡水库存在的泥沙淤积和潼关高程居高不下等问题,本书采用实测资料分析、理论分析、实体模型试验和泥沙数学模型计算等多种研究手段,对渭河水沙过程变化与下游河道演变、三门峡水库淤积过程与潼关高程变化、三门峡水库运用方式与降低

潼关高程、潼关高程变化对渭河下游的影响、东庄水库与“引江济渭”工程对渭河下游的作用等进行了系统研究。研究工作以降低潼关高程和减少库区泥沙淤积为目标,从来水来沙变化、三门峡水库运用方式和其他影响潼关高程降低的因素出发开展研究工作,提出了三门峡水库运用方式的调整方案和潼关高程降低的近期与中长期目标,研究成果为三门峡水库运用方式的调整提供了科学的依据。

1.3.2 研究成果

本书共分为8章,详细介绍了对三门峡水库淤积与潼关高程方面研究取得的成果,主要包括如下几方面:

1) 在渭河水沙过程变化与下游河道演变研究方面,系统分析了渭河下游和泾河不同时期水沙过程变异的特征;研究了三门峡水库建库前后渭河下游的冲淤特点;分析了渭河下游河道淤积的原因;探讨了渭河下游高含沙水流的输沙和冲淤特性。

2) 在三门峡水库淤积过程与潼关高程变化研究方面,分析了黄河小北干流来水来沙过程变化的特点;系统研究了三门峡水库的淤积过程,及水库运用方式与淤积过程的相互关系;研究了三门峡水库修建前后潼关高程的变化规律;探讨了三门峡水库修建后潼关高程变化的影响因素。

3) 在三门峡水库与渭河下游河道演变模拟技术研究方面,建立的动床实体模型包括渭河下游河道和三门峡库区,在长河段、多进口、不同河型和干支流同步模拟技术方面取得了较大进展;建立的泥沙数学模型实现了黄河小北干流、渭河下游河道、三门峡库区之间的互动模拟,采用了高含沙和低含沙统一的挟沙能力公式,推导了相关系数的理论表达式,避免了数学模型参数取值的不确定性,使得泥沙数学模型的模拟功能和适应性得到较大提升。

4) 在三门峡水库运用方式与降低潼关高程研究方面,系统研究了不同来水来沙和三门峡运用方式条件下,潼关高程的升降值和变化趋势;提出了潼关高程稳定下降的概念和降低潼关高程的近期目标为1m,中长期目标为2m;系统研究了工程与非工程措施对降低潼关高程的效果,提出了应采用包括调整三门峡水库运用方式在内的,辅之于跨流域调水、水保减沙、人造洪峰、河道裁弯、缩窄河宽、疏浚和增加水库泄量等综合措施来降低潼关高程并使之稳定的途径;根据研究成果和综合考虑现实要求,提出了三门峡水库运用方式的调整方案为:近期水库采用汛期敞泄、非汛期控制水位315m运用,今后根据运用情况再逐步调整。

5) 在潼关高程变化对渭河下游的影响研究方面,利用实体模型试验系统研究了不同潼关控制高程对渭河下游河道的影响;给出了不同潼关控制高程条件下,渭河下游河道的冲淤过程、冲淤量、冲淤部位、冲淤范围、水位变化等,得出了潼关高程影响范围在华县附近的认识。

6) 在东庄水库与“引江济渭”工程对渭河下游的作用研究方面,系统研究了三门峡水库不同运用方式条件下,东庄水库不同建设规模和运用方式以及“引江济渭”工程实施对渭河下游减淤和降低潼关高程的作用;并对“引江济渭”工程引水量规模、引水量分配方式及调蓄水库库容等问题进行了探讨。