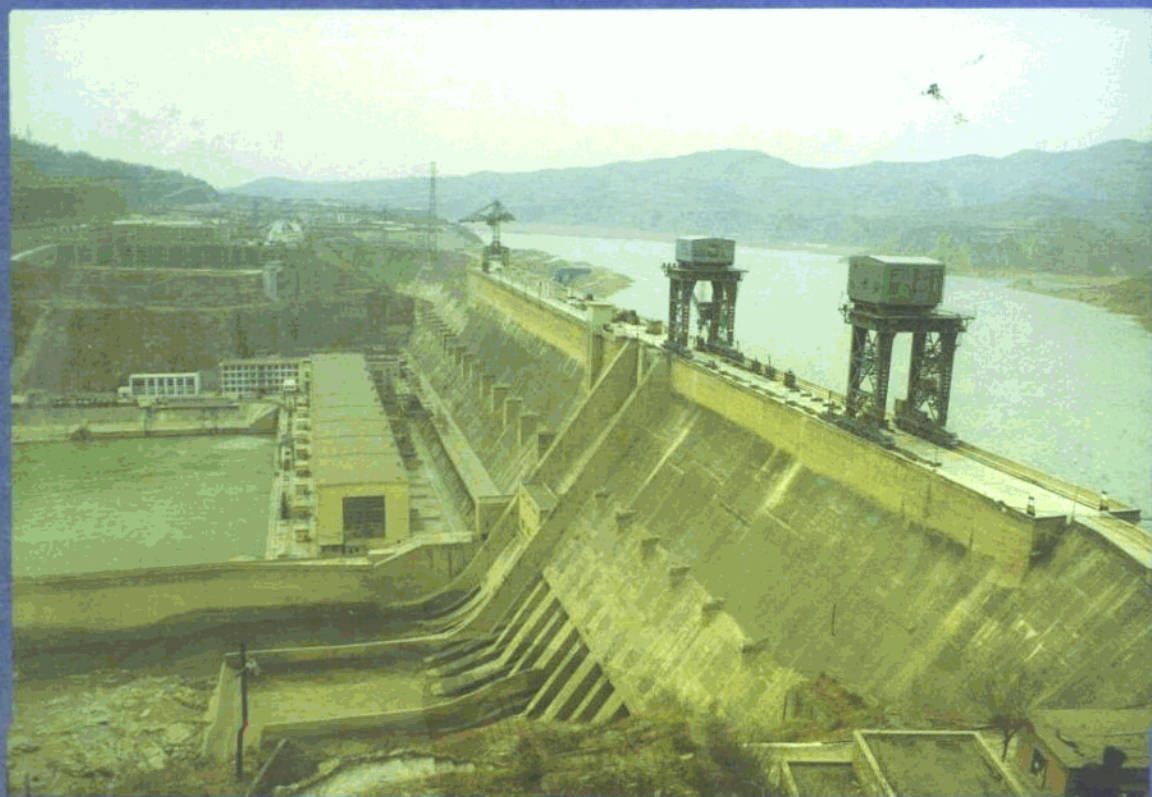


黄河

三门峡水利枢纽 运用研究文集

三门峡水库运用经验总结项目组 编 河南人民出版社



Proceedings of the Operational
Studies of Sanmenxia
Project On the Yellow River

(豫)新登字 01 号

黄河三门峡水利枢纽运用研究文集

三门峡水库运用经验总结项目组 编

责任编辑 张素秋

河南人民出版社出版发行(郑州市农业路 73 号)

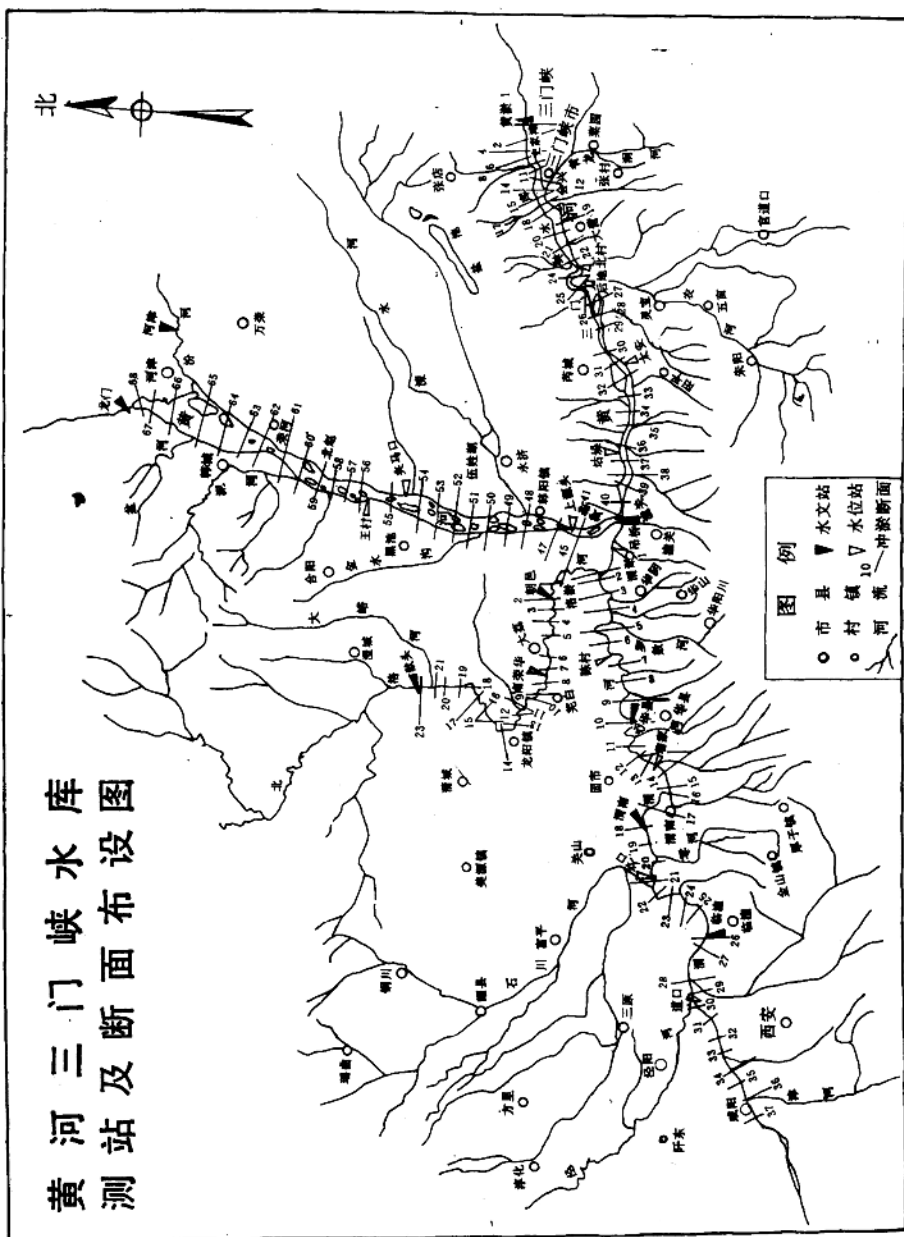
河南第一新华印刷厂印刷 新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 50.25 字数 988000

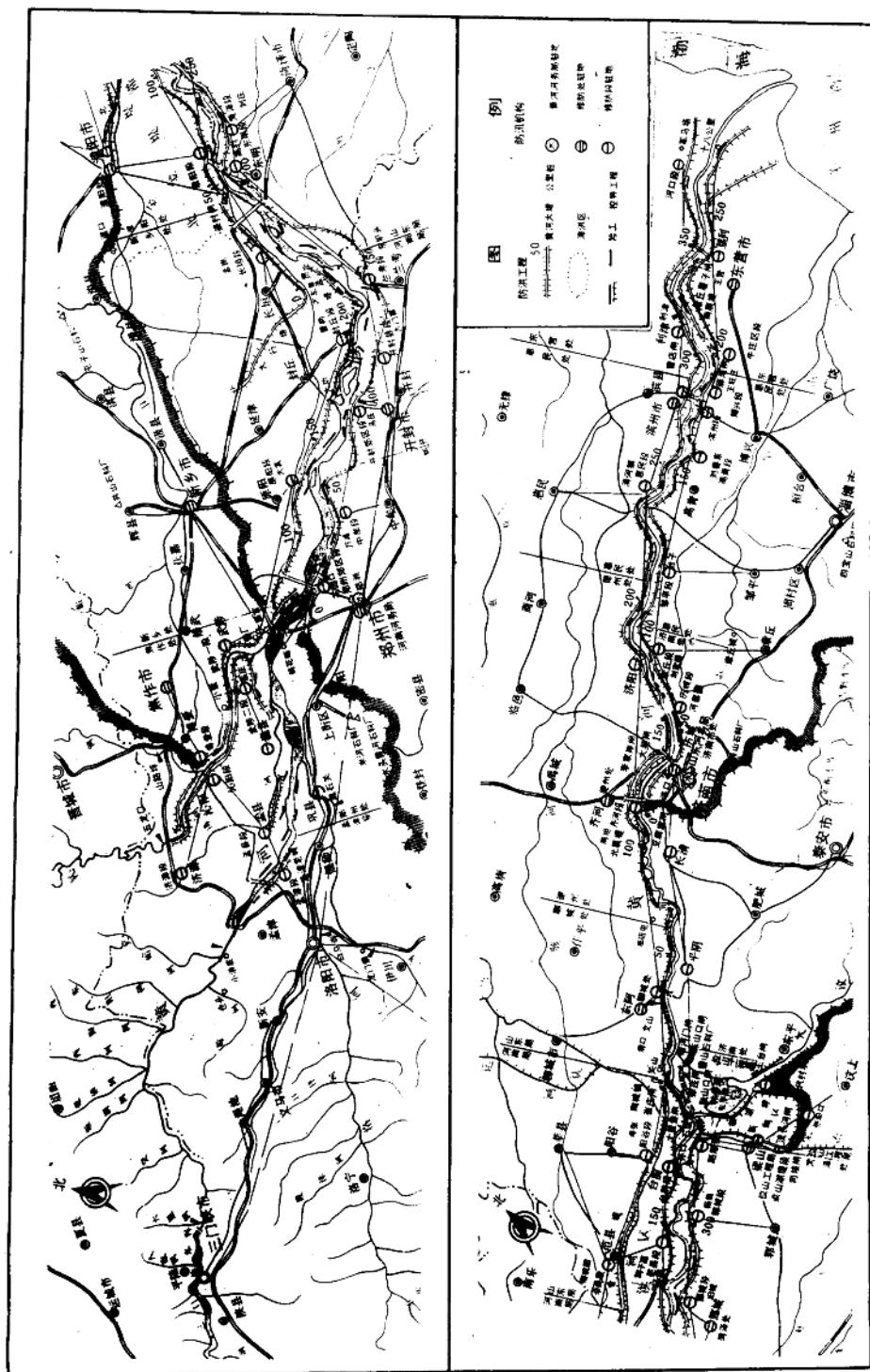
1994 年 7 月第 1 版 1994 年 7 月第 1 次印刷 印数 1—2500

ISBN7-215-02693-0/Z·115 定价 60.00 元

黄 河 三 门 峡 水 库 测 站 及 断 面 布 设 图



黄河下游河道示意图



前 言

三门峡水库是1955年批准通过的黄河综合规划选定的第一期工程,原规划目标是以防洪为主综合利用的大型水利枢纽工程。工程建成后,按照清水河流的方式进行蓄水调节运用,很快暴露出一系列问题,其主要问题是:水库淤积严重,库容迅速减小,库区淤积末端上延,淹没、浸没范围扩大等。因此,水库被迫改变运用方式,降低水位滞洪排沙。围绕工程出现的问题,引起中共中央和国务院及各方面的极大关注,为此,曾多次召开三门峡水库技术讨论会,进行广泛探讨。1964年周恩来总理亲自主持召开治黄工作会议,决定对三门峡工程进行改建。

1973年底改建工程基本完成,枢纽泄流排沙能力显著增大,水库排沙效果明显提高。自1974年开始,根据黄河水沙特点,水库采用“蓄清排浑”调水调沙控制运用方式,水库淤积得到控制。潼关以下库容得到恢复,并能保持库区内年冲淤基本平衡,达到保库与兴利的统一。改建后的三门峡工程除了在防洪、防凌方面作用外,还发挥了灌溉和发电、供水效益。实践证明三门峡工程改建和现在采用的运用方式是成功的。

黄河三门峡工程的实践表明,从工程规划、设计、建设、改建,直到管理运用,是一个认识自然、改造自然的过程,是经过认识——实践——再认识——再实践的过程。由于黄河自然条件复杂及工程原设计不符合黄河的河情,采用一般清水河流的经验,水库修建前对黄河上中游水土保持的困难和水库泥沙淤积严重性估计不足,再加上国内外也没有在多泥沙河流上修建大型水利枢纽工程的先例可资借鉴,因此,三门峡工程经历了我国水利建设史上从未遇到过的曲折。由于黄河泥沙给水库的管理运用带来了许多问题,在解决水库淤积等问题方面,三门峡水库的实践提供了宝贵的经验,探索出了通过调水调沙,

ZW45/03

保持长期使用库容和控制水库淤积上延的办法。水库调水调沙运用为在多泥沙河流上兴修大型水库开创了成功的先例,调水调沙的概念是一个重要的新发展,为多泥沙河流上水库的规划设计和运用开辟了一条新途径。

1989年6月水利部水管[1989]13号文指示黄河水利委员会进行三门峡水库运用经验总结工作,黄河水利委员会成立了“三门峡水库运用经验总结项目组”。在项目组主持下,根据国民经济和治黄事业发展的需要,对三门峡水库的运用进行全面总结。总结内容除包括工程规划回顾、水库上下游泥沙运行规律、水力学及工程泥沙、工程管理及安全监测、水电站运行、水库环境影响评价及国民经济评价等外,我们着重研究了在黄河流域水沙变化的情况下,充分发挥三门峡水库综合利用效益及水库运用方式的问题。

参加这次总结工作的有黄河水利委员会总工程师办公室、三门峡水利枢纽管理局、水利科学研究院、勘测规划设计院、水文局、河务局及北京水利水电科学研究院、天津勘测设计院、珠委水利科学研究所、清华大学、陕西机械学院、武汉水利电力大学等单位。总结工作经过百余位科技人员的辛勤努力,团结协作,提出了三门峡工程改建与运用经验总结项目组的总报告及《黄河三门峡水利枢纽运用研究文集》。该文集共收集专题研究报告40篇。这些成果较充分地反映了多年来的研究成果,可供科技工作者参考。

本文集内的研究报告,对有些问题认识尚不一致,各报告中的数据也不尽一致。我们在编辑工作中,充分反映原作者的观点,对各报告中的引用数据也未作加工处理。需要说明的是,陕西机械学院和武汉水利电力大学,对库区及下游的泥沙数学模型进行了有益的探索,取得了较好的进展。由于这项工作还在继续进行,故暂没有汇编在文集内。本文集出版由缪凤举主编。在编辑出版过程中还得到天津勘测设计院胡德祥、黄河水利委员会水利科学研究院赵业安、三门峡水利枢纽管理局金瑞俊、勘测规划设计院涂启华以及黄河志总编辑室袁仲翔、栗志等的帮助和支持,在此谨致谢意。

编 者

1993年7月

目 录

前 言	(1)
-----	-------

黄河三门峡水库运用及工程决策的经验教训	杨庆安 缪凤举	(1)
三门峡工程的历史回顾及国民经济评价	陈枝霖 陈升辉 李国英 侯晓明	(11)
黄河三门峡工程回顾与评价	温善章 陈升辉 赵业安	(37)
三门峡水利枢纽工程建设的经验和教训	吴柏煊 程徐建 林志华 王建伟	(49)
三门峡潼关以下库区泥沙冲淤的基本规律总结	焦恩泽	(62)
三门峡水库修建后黄河下游河道演变	潘贤娣 赵业安 李 勇 申冠卿	(99)
三门峡水库不同运用期渭河及北洛河下游河道冲淤规律分析	杜殿勋	(160)
三门峡水库龙门至潼关段河道冲淤演变规律及滞洪滞沙分析	杜殿勋	(189)
三门峡水库不同运用方式对小北干流河段的影响	齐 璞	(218)
三门峡水库不同运用方式对黄河河口水沙条件及河口尾间演变的影响	王开荣 王恺忱	(231)
三门峡水库建库以来进库水沙条件变化的分析	程秀文 尚红霞 傅崇进	(252)
三门峡水库及下游河道水文泥沙基本资料成果综述	王国士 邱宝冲	(275)
三门峡水库淤积测量方法初步分析	程龙渊 席占平 高德松 赵赛生 牛长喜	(296)
三门峡水库淤积物初期干容重观测与实用的探讨	程龙渊 席占平 刘彦斌	(324)
三门峡水库水文泥沙基本资料数据库系统	王 玲 林银萍 刘九五	(334)
刘家峡、龙羊峡水库运用对三门峡库区冲淤影响的初步探讨	程龙渊 席占平 张留柱	(346)
三门峡水利枢纽泄流排沙建筑物综述	胡德祥	(363)
三门峡水利枢纽泄水建筑物泄流能力分析	刘继祥	(372)
坝区水流泥沙运动和漏斗形态分析研究——兼论日调节运用	涂启华 何宏谋	(384)

三门峡水利枢纽泄水建筑物磨蚀检查综述·····	郭 潇	(425)
黄河三门峡水利枢纽底孔的破坏和修复设计·····	魏永晖 胡德祥	(452)
三门峡水利枢纽泄流排沙钢管的磨蚀破坏和修复·····	邱 浩	(467)
水工建筑物抗磨蚀材料试验综述·····	邱 浩	(475)
矩形明渠高速水流掺气水深及掺气临界点位置计算公式的比较·····	王俊勇	(488)
三门峡水利枢纽左岸隧洞出口鼻坎挑流冲刷及岸坡稳定分析·····	夏毓常 黄启明	(500)
底孔水力学试验综述·····	柴炳钦	(514)
三门峡水库的调度运用·····	丁六逸 龙毓骞 缪凤举 钱意颖	(524)
提高三门峡水库综合效益问题的研究		
——关于水沙变化对水库效益影响的分析·····	张启舜 蒋如琴 张燕菁	(574)
提高三门峡水库调水调沙及综合利用效益的探讨·····	何国桢 吴 知	(585)
三门峡水库调度运用的研究·····	宋根培 张 仁 谢树楠	(605)
三门峡水库调水调沙运用经验·····	张润亭	(628)
三门峡水电站运行情况总结·····	金瑞俊 詹道经 洪玉崧	(636)
三门峡水电站机组运行存在的主要问题及分析·····	郭晚荣	(658)
三门峡水电站扩机问题研究·····	俞复民 武广周	(680)
黄河三门峡水利枢纽工程国民经济评价·····	李国英 侯晓明	(696)
三门峡水库环境影响回顾与评述·····	李 晨 兰艳华	(736)
三门峡水库移民总结·····	罗启民 刘红宾	(752)
三门峡大坝安全运行综合分析·····	张秦芳	(769)
三门峡水利枢纽工程水工建筑物及其启闭设备的运用和管理·····	王天保 赵国民	(780)
适应三门峡水库调水调沙运用在水工建筑物上应采取的技术 改造措施·····	吴柏燧 张金良	(789)

黄河三门峡水库运用及 工程决策的经验教训

杨庆安 缪凤举

(黄委会三门峡水利枢纽管理局)(黄委会总工程师办公室)

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。控制流域面积 68.8 万 km^2 , 占黄河流域总面积的 91.5%; 控制了黄河干流三个洪水来源区的两个; 占总来水量的 89%。工程自 1960 年 9 月 15 日正式蓄水运用以来, 经过两次改建, 基本解决了水库的泥沙淤积问题, 创造性地采取了“蓄清排浑”调水调沙控制运用方式, 充分发挥了防洪、防凌、灌溉、供水、发电等综合效益。

黄河自然地理条件复杂, 而水少沙多。三门峡水利枢纽是兴建在多泥沙河流上的首座大型工程, 在国内外没有先例可资借鉴, 工程从 50 年代开工兴建, 到 80 年代全面发挥综合效益; 从建设过程到运用管理, 经历了我国水利建设史上从未遇到的曲折, 在规划、决策上有着深刻的教训, 在工程建设及水库运用管理方面积累了丰富的经验。

一、三门峡水库运用概况

三门峡工程兴建后, 在原建的基础上, 枢纽工程经过增建、改建, 水库经历了蓄水运用、滞洪排沙及蓄清排浑控制运用三个时期。

(一) 蓄水运用期 (1960 年 9 月~1962 年 3 月)

水库 1960 年 9 月 15 日开始蓄水, 1961 年 2 月 9 日蓄至最高水位 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, 潼关高程 ($1000\text{m}^3/\text{s}$ 水位) 上升 4.5m, 335m 高

程以下库容损失约 17 亿 m^3 。

(二) 滞洪排沙运用期 (1962 年 3 月~1973 年 10 月)

这一运用期水库经历了两个阶段:

1. 原建规模期 (1962 年 3 月~1966 年 6 月)。泄流建筑物只有原建的 12 个深孔, 虽然水库敞开门泄流排沙, 水库的排沙比由原来的 6.8% 增加到 63%, 库区淤积有所缓和, 但因泄流排沙设施不足, 泄水建筑物较高, 遇到丰水丰沙的 1964 年, 水库滞洪淤积仍十分严重。在此期间水库淤积 25.7 亿 m^3 , 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. 工程两次增建、改建期 (1966 年 7 月~1973 年 10 月)。为减缓水库淤积, 三门峡工程先后进行了两次增、改建。第一次增建了两条隧洞, 改建了四条发电引水钢管为泄流排沙管。第二次改建打开了八个原施工导流孔, 并将 1 至 5 号发电引水钢管进口降至 287m 高程, 改为装机进行发电。水库的泄流能力进一步加大, 潼关以下库区冲刷 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。

在此时期, 水库承担了防凌和为了缓解下游春季干旱缺水, 经国务院批准结合双层孔过水试验和利用部分防凌蓄水进行春灌运用。

防凌运用主要是根据冰情预报, 水库调节下泄流量, 为“文开河”创造条件, 确保凌汛安全。在这一时期遇到 1967、1969、1970 年三次严重凌情, 三年的冰量为 0.9~1.4 亿 m^3 , 最严重的封河上界达河南省开封市以上, 特别是 1969 年气温忽高忽低, 造成三封三开的局面, 但由于三门峡水库的调蓄, 均安渡凌汛。

(三) “蓄清排浑”调水调沙控制运用期 (1973 年 11 月~目前)

吸取“蓄水运用”和“滞洪排沙”运用的经验与教训, 水库于 1973 年底开始采用“蓄清排浑”调水调沙控制运用, 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, 特别是洪水期排出库。

在此期间, 为弥补因底孔改建而减少的泄流能力, 于 1990 年 7 月打开 9、10 号底孔并投入使用, 这样, 315m 水位可泄流 9443 m^3/s 左右。

在这一时段内, 水库经历了不利的水沙条件 (如 1977 年的枯水丰沙) 和有利的水沙条件 (如 1981 至 1985 年), 同时 1986 年 10 月上游龙羊峡水库投入运用, 从而改变了黄河中游汛期与非汛期来水年内分配。通过这一阶段的“蓄清排浑”调水调沙控制运用表明, 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, 当年非汛期淤积还不可能全部排出库外, 有利水沙条件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紧密相关, 具体的控制指标是水库的运用水位。根据非汛期各运用阶段结合来水来沙状况适当的调整水库运用水位, 控制淤积部位, 亦可在汛

期达到将非汛期淤积泥沙大部排除库外的效果。

二、三门峡工程的综合效益

黄河三门峡工程在原建的基础上,经过增建、改建,在防洪、防凌、灌溉、供水、发电等方面发挥了显著的社会效益和经济效益。

(一) 防洪效益

防洪是三门峡水库的主要任务。由于它控制了黄河中游北干流及泾、北洛、渭河支流两个主要洪水来源区,并对第三个洪水来源区三门峡至花园口间发生的洪水起到了错峰和调节作用,缓解了下游防洪抢险的压力,减轻了下游洪水灾害和堤防工程出险加固次数。三门峡工程投入防洪运用,标志着黄河下游防洪已从单纯依靠堤防,发展到依靠水库、堤防、河道分滞洪措施等组成的工程体系,确保防洪安全的新阶段。自1964年以来,三门峡以上地区曾六次出现流量大于 $10000\text{m}^3/\text{s}$ 的大洪水,由于三门峡工程及时采取措施,削减洪峰,减轻了下游堤防负担和漫滩淹没损失。从三门峡工程建成至今,黄河下游岁岁安澜,未出现过堤溃决现象。

(二) 防凌效益

黄河下游河道自兰考东坝头转向东北以后,纬度逐渐增高,由于纬度差异,黄河下游河道气温上段高下段低。初春,往往出现上游冰凌解冻,而下游尚未解冻,加上河道上宽下窄,来水不稳定,流冰常常在局部河段堵塞产生冰塞和冰坝,河道水位急剧上升,造成严重的凌汛威胁。历史上,由于凌汛决口频繁,难以防治,人们都把凌汛决口视为不可抗拒的“天灾”,素有“凌汛决口,河官无罪”之说。三门峡工程建成后,黄河下游防凌工作进入了以水库调节河道流量为主的综合防凌新阶段,为“文开河”创造了有利条件,确保了凌汛安全。据统计,三门峡水库投入运用以后,类似1951年、1955年因凌汛决口的凌情有6次,由于适时运用,每次都避免了“决口”的危险。

(三) 灌溉、供水效益

黄河下游沿黄地区现有72个灌区,灌溉面积3000多万亩。据统计,从1973到1987年的15年,春灌蓄水期间,水库蓄水总量206.74亿 m^3 ,向河南、山东沿黄灌区补水150亿 m^3 ,其中实际有效补水量98.43亿 m^3 ,增产粮食达30.07亿 kg 。除灌溉外,还为中原、胜利两大油田和沿黄城镇提供了大量工业和生活用水,促进了下游工农业生产的发展。

(四) 发电效益

三门峡水电站现有五台单机容量为5万 kw 的发电机组,总装机容量为25万 kw 。从1973年12月第一台机组发电,到1990年底,已累计发电150亿 $\text{kw}\cdot\text{h}$,创产值约10亿

元。为了充分利用水资源,目前,三门峡水电站正在安装两台 7.5 万 kw 的发电机组,完工后,装机容量可达 40 万 kw,每年可增发电量 2.97 亿 kw·h。

三、工程的决策和规划

修建三门峡工程标志着黄河的治理开发进入了一个新阶段,改变了历史上仅限于下游的治黄方略,是黄河除害兴利的重大转折与实践。由于对黄河水沙运行规律认识有限和对大量淹没良田、大批迁移人口的困难和问题估计不足,造成了在三门峡工程规模上的决策出现失误,导致工程进行两次改建及改变运用方式的被动局面,致使三门峡工程的综合利用效益受到了很大影响。但工程改建的成功,则为多泥沙河流修建综合利用水库提供了宝贵的实践经验。

(一) 决策情况的回顾

对三门峡水利枢纽工程建设的得失与经验教训,应当用历史唯物主义的观点进行科学地分析评价,不能超越当时的历史阶段和科学技术水平。

1. 三门峡工程的“三起三落”:新中国成立后,为了从根本上解决黄河下游河患问题,有关部门曾多次查勘、研究在黄河干流上龙门至孟津段修建拦洪水库,形成决策前曾有三次主张修建三门峡水库,又三次放弃这种主张。

1949 年黄委会提出《治黄初步意见》,主张在“三门峡建坝的水库水位高程为 350m,以发电、灌溉、防洪为开发目的”。1951 年,又认为黄河干流上修大型水库,就当时我国的政治、经济、技术条件看,均有较大困难,于是首次放弃三门峡水库,转向研究支流水库方案,但经查勘与初步计算,发现支流水库控制性差,花钱多,效益小,不理想。

1952 年,黄委会、水电总局和苏联专家,组织查勘了三门峡水库坝址,认为地质条件好,能筑高坝,可利用水库库容多拦沙,以解决水土保持不能迅速发生效益的矛盾。但是,由于淹没损失大,故又一次放弃三门峡水库,转向邙山建库方案的研究。

1953 年黄委会的邙山滞洪水库方案,因无综合经济效益被否定后,于是,第三次提出修建三门峡水库。但是水利部对于修建水库解决黄河下游防洪问题,作出明确的指示:一要迅速解决问题;二要根据国家现状,投资不能超过 5 亿元,移民不能超过 5 万人。由于这些条件的限制,三门峡水库不得不第三次放弃,转而重新研究邙山和芝川两个水库的方案。

2. 三门峡水库规划设计的决策:在三门峡水库规划设计的决策中,苏联专家起了很大作用。1954 年在西安召开的技术座谈会上,否定了邙山方案,苏联专家竭力推荐三门峡水库,赞赏三门峡是一个难得的好坝址。当时苏联专家组组长在总结发言中说:“从邙山到龙门我们看过的坝址中,必须承认三门峡坝址是最好的一个,任何的其他坝址都不

能代替三门峡水库使下游获得那样大的效益，都不能象三门峡那样综合地解决防洪、灌溉、发电等方面的问题。”针对三门峡水库淹没损失太大的问题，苏联专家说：“为了调节洪水，需要足够的水库容积，但为了获得必要的库容，就免不了淹没和迁移。任何一个坝址，无论是邙山，无论是三门峡或其他坝址，为了调节洪水所必需的库容，都是用淹没换来的。”这个“用淹没换取库容”的观点，对三门峡工程的决策影响很大。

1954年10月，黄河规划委员会编制的《黄河综合利用规划技术经济报告》，选定三门峡水利枢纽为实施黄河规划的第一期重点工程。其效益有：正常高水位350m，总库容360亿 m^3 ，允许泄量8000 m^3/s ，并与伊洛河、沁河支流水库配合使用，黄河下游洪水威胁将全部解决；拦蓄上游全部泥沙来量，下泄清水，可使下游河床不再淤高。初期灌溉3270万亩，远景灌溉7500万亩；装机89.6万kw，年发电量46亿 $kw \cdot h$ ；下游航运条件得到改善。同时，报告也指出枢纽存在两个严重问题：一是当库水位350m时，要淹没农田207万亩，移民60万人，赔偿费用6.58亿元。二是水库淤积，除计划预留147亿 m^3 拦沙库容外，必须与黄土地区水土保持结合解决。在水土保持生效前，为减轻淤积，计划先在多沙支流上建大型与小型拦泥库各5座。根本解决泥沙的办法，则需依靠全面的水土保持。

1955年5月和7月，中共中央政治局和国务院全体会议，先后讨论通过了《黄河综合利用规划技术经济报告》。中央政治局和国务院认为，这个规划虽然还是一个轮廓，但是它的原则和基本内容是完全正确的。

1955年7月30日，全国人大一届二次会议通过了《关于根治黄河水害和开发黄河水利的综合规划的决议》，批准国务院提出的黄河规划的原则和基本内容；并要求国务院迅速成立三门峡水库水电站建筑工程机构，保证工程及时施工。至此，修建这一工程的决策终于形成。

（二）规划上的深刻教训

苏联专家对三门峡工程提出的“用淹没换取库容，以综合利用效益补偿淹没损失”的观点与“除害兴利、蓄水拦沙”的治黄方略相一致。当时，人们的愿望是急于解决历代没有解决的下游防洪问题，但由于对黄河的认识还不够深刻和全面，使三门峡工程在确定其规模的决策中出现失误：

1. 对黄河中游水土保持估计的太乐观。50年代初期提出的“除害兴利、蓄水拦沙”的治黄方略，对黄河上游是可行的，但用于泥沙集中的黄河中游的三门峡工程，却带来了很多问题。原设想采用水土保持和多沙支流的“五大五小”拦沙库，减少入黄泥沙量以减轻三门峡水库的淤积，这两项措施虽然不错，但对其治理速度和减沙作用的估计过于乐观，原预计1967年能减少三门峡入库泥沙量50%，实际情况远未能达到这一预定的目标，造成三门峡水库淤积严重。

2. 对泥沙问题认识不足,重拦轻排是决策失误的重要因素。由于对泥沙重拦轻排,三门峡水库 1960 年 9 月蓄水运用后暴露出因泥沙淤积严重带来的问题,1962 年 3 月改为滞洪排沙运用,但由于泄流能力不足,水库淤积仍然严重,到 1964 年汛后,335m 高程以下库容已损失 40%,潼关河床抬高 4.5m,水库淤积末端上延。出现了淤积“翘尾巴”的问题,其发展趋势严重威胁关中地区以西安为中心的工农业基地。1964 年 12 月在北京治黄会议上,明确了“确保西安、确保下游”的原则,开始对三门峡工程进行改建。

3. 忽视了我国人多地少的国情。三门峡工程在规划中由于受到“用大淹没换取大库容”的影响,带来了大量淹没良田、大批迁移人口,与我国人多地少的国情不相适宜。1959 年底经中央批准确定 1960 年汛前移民高程为 335m,按该高程以下库区淹没搬迁,调查结果应迁人口 373408 人,截至 1964 年,实际迁移 318900 人,至 1982 年统计数据,全库实际迁安 403786 人。中央和国务院领导十分重视三门峡移民问题,近些年从库区实际出发,探索出“高处定居,低处生产,还田于民”的路子,使库区移民问题逐步得到改善。

四、工程建设与改建

(一) 工程的设计与兴建

自 1955 年 7 月 30 日,全国人大一届二次会议通过了《关于根治黄河水害和开发黄河水利的综合规划的决议》后,中苏两国围绕着三门峡工程的宏伟蓝图,紧张地筹划起来。

1955 年 8 月,我国正式将《黄河三门峡水利枢纽设计技术任务书》提交苏方。1956 年 12 月,苏方完成了《三门峡工程初步设计》,其方案是:正常高水位选定为 360m 高程,库容 647 亿 m^3 ,死水位 335m,淹没耕地 325 万亩,迁移人口 87 万;可将黄河千年一遇洪峰由 $35000\text{m}^3/\text{s}$ 削减到 $6000\text{m}^3/\text{s}$;装机八台,每台 14.5 万 kw,总容量为 116 万 kw,年发电量 60 亿 $\text{kw}\cdot\text{h}$;下游灌溉面积 4000 万亩,并可常年保持下游河道水深不低于 1m。

1957 年 2 月,国家建委邀请水利、电力等有关方面的专家对苏联提交的《三门峡工程初步设计》进行了审查。

1958 年 4 月和 6 月,周恩来总理先后两次召开有关部门、地区负责同志和专家座谈会、现场会,围绕三门峡工程的建设问题,认真听取了各种不同意见。尔后,我国有关部门根据周总理确定的原则,向苏方提出了技术设计任务书的补充建议:拦河大坝按正常高水位 360m 高程设计,350m 施工,水库容量为 354 亿 m^3 ;1967 年最高运用水位不超过 340m。死水位降至 325m,相应死库容为 59 亿 m^3 ;泄流孔底槛高程降至 300m,坝顶高程按 353m 修筑。

1959 年底,苏联按照我国的要求,完成了承担的全部技术设计任务。在此之前的 1955 年 12 月 6 日,国务院批准组建黄河三门峡工程局,承担三门峡工程的建设任务,三门峡工程于 1957 年 4 月 13 日正式开工。1958 年 10 月完成左岸基坑导流工程,同年 11 月实现了截流,1959 年 7 月,大坝按经济断面全线浇筑到 310m 高程,较设计工期提前二年起到部分拦洪作用。

1960 年 6 月,大坝全断面全线浇筑到 340m 高程,提前一年实现全部拦洪,同年 9 月下闸蓄水。1961 年 4 月,大坝全断面修建至 353m 高程,即第一期工程坝顶设计标高,枢纽主体工程基本竣工,较设计工期提前一年零十个月。建成后的枢纽工程规模,主坝为混凝土重力坝,第一期工程大坝坝顶高程 353m,相应主坝顶长 713.2m,最大坝高 106m。

(二) 工程的两次改建

三门峡工程从 1960 年 9 月到 1962 年 3 月为蓄水拦沙运用期。这期间,坝前最高水位曾达 332.58m,蓄水量 72.3 亿 m^3 ,回水超过潼关,库区淤积严重,共淤泥沙 15.3 亿 t,占入库沙量的 92.9%,致使库容迅速减少,330m 高程以下库容由蓄水前的 59.3 亿 m^3 减少到 43.6 亿 m^3 ,潼关河床高程抬高 4.5m,潼关以上干流以及渭河、北洛河下游发生严重淤积,发展下去将会威胁关中平原和西安的安全。

为了减缓库区淤积,1962 年 3 月,水电部在郑州召开会议提出:三门峡水库改为“滞洪排沙”运用(同年 3 月 20 日国务院批准),汛前尽量泄空水库,汛期水位控制在 335m,闸门敞泄排沙。水库改变运用方式后,库区淤积有所减缓,渭河口“拦门沙”逐渐冲出一道深槽,但潼关河底高程并未降低,库区“翘尾巴”现象仍在继续发展。为此,1964 年 12 月,由周恩来总理亲自主持在北京召开了治黄会议,本着“既要确保下游,又要确保西安”的指导原则,确定了三门峡水利枢纽增建“两洞四管”方案,即在大坝左岸开挖两条进口高程为 290m 的泄流排沙洞,把 8 条发电引水钢管中的 4 条改为泄流排沙管。增建工程从 1965 年开始,1968 年完成。当库水位 315m 时,泄流能力由 3058 m^3/s 增加到 6102 m^3/s ,水库淤积有所缓和,但泄流规模仍然不足,还有 20% 的来沙淤在库内。为进一步解决水库淤积问题,并发挥工程综合效益,1969 年 5 月,根据周总理的指示,在三门峡市召开了陕、晋、豫、鲁四省会议,总结了第一次改建的经验,研究了三门峡工程的第二次改建。改建原则是“确保西安,确保下游”,实现“合理防洪,排沙放淤,径流(低水头)发电”,改建规模要求一般洪水回水淤积不影响潼关,库水位在 315m 高程时,泄流能力达到 10000 m^3/s 。改建从 1969 年 12 月开始施工,打开了 8 个 280m 高程的施工导流底孔,改建后的泄流能力,当库水位在 315m 高程时,由 6102 m^3/s 增加到 9311 m^3/s ;一至五号发电引水钢管进口下卧 13m,从 1975 年到 1978 年,安装了由我国自己制造的 5 台总容量为 25 万 kw 的低水头发电机组,实现了发电生产。水库由淤积变为冲刷,335m 高程以下库容恢复到 60 亿 m^3 ,潼关河床高程下降 1.8m 左右。探索出

“蓄清排浑”的调水调沙运用方式,使年内泥沙冲淤基本平衡,库区淤积得以控制,创造了利用水库调水调沙的新经验,从而使三门峡工程的改建取得成功。

三门峡工程改建后,运用泄流底孔进行排沙,在流速为 14m/s 含沙水流冲刷磨蚀下,泄流孔遭到严重破坏,直接影响到工程的正常运用。为了解决工程自身因磨蚀带来的问题,1981年原水电部成立了改建领导小组。1984年试验成功了特种深水围堰,突破了改建检修的技术关键,利用这种围堰可以在 40m 水下对底孔进行改建施工。同时,为了达到 315m 高程时泄流 $10000\text{m}^3/\text{s}$ 的要求,于1990年,又打开了9、10号底孔。

三门峡水利枢纽改建成功投入运用后,除发挥出防洪、防凌、灌溉、发电等综合效益外,还通过对三门峡水利枢纽工程实践的经验教训进行总结,加深了对黄河河情的认识,为多泥沙河流的治理,探索了宝贵的经验。

五、工程建设及水库运用管理经验

第一,三门峡水库实践的经验表明,在多泥沙河流上修建水利枢纽工程,应重视对泥沙来量和水沙条件及其运行规律的研究。靠淹没大量农田来换取大库容,用大库容防洪拦沙是不符合我国人多耕地面积少的国情,也是不现实的。

第二,在多泥沙河流上修建水库,必须把妥善安排泥沙放在重要地位。修建水库为了除害兴利,但蓄水必然带来库区淤积,对泥沙问题估计不足,处理不当,则规划效益势必落空。因此,妥善处理水库泥沙问题是水库兴利、发挥综合效益的基础。三门峡水库的实践表明,在多泥沙河流上的水库综合利用效益,在很大程度上受泥沙调节的限制。水库各项兴利指标,也由于泥沙问题而互相制约。这是多泥沙河流规划水库与一般河流规划的一个重要差别。

第三,在多泥沙河流上修建水库必须有适当高程的泄流建筑物及其足够的泄流排沙规模。三门峡水利枢纽两次增建、改建后,泄流规模当坝前水位 315m 时,由原来的 $3084\text{m}^3/\text{s}$,增至 $9443\text{m}^3/\text{s}$,加大了水库工程的泄流规模和排沙能力,为水库“蓄清排浑”调水调沙控制运用创造了条件。同时为在多泥沙河流上兴建水利枢纽总体设计提供了经验。

第四,三门峡水库实践经验证明,在多泥沙河流上修建水库,可以保持长期使用的有效库容。三门峡水利枢纽工程经过两次增、改建,水库淤积得到控制,潼关以下库区由淤积转为冲淤基本平衡或为微冲, 330m 高程以下的库容由1964年10月的 21.53亿 m^3 ,1973年10月恢复到 31.68亿 m^3 ,自1973年11月水库“蓄清排浑”调水调沙控制运用以来,到1990年10月 330m 高程以下的库容一直保持在 $30\sim 31\text{亿 m}^3$ 之间,其中槽库容保持在 $21.97\sim 22.7\text{亿 m}^3$ 之间,保持了一个长期有效的库容,为三门峡水利枢纽发

挥综合效益提供了保证。

第五,探索出多泥沙河流水库科学的运用方式——“蓄清排浑”调水调沙控制运用方式。三门峡水库的运用方式由原定的“蓄水拦沙”改变为“蓄清排浑”调水调沙控制运用,在一般水沙年份水库可达到冲淤平衡,可以保持有效的防洪能力。三门峡的实践证明,这种运用方式,不仅能调节水量,而且能调节泥沙,为多泥沙河流治理提供了宝贵的经验。

第六,三门峡工程的实践经验,丰富了泥沙科学理论。通过三门峡工程“蓄清排浑”调水调沙控制运用的实践,对控制水库淤积部位、水库排沙的水沙条件、水库泥沙运行规律、库区水流输沙能力的调整机理、保持有效可用库容的基本条件、水库纵、横向形态调整与水库排沙机理、异重流与溯源冲刷基本规律等取得很多成果,丰富和发展了水库泥沙科学及水沙调节理论。

第七,探索出管理大型水电企业的路子。1983年,经原水电部批准成立了黄河三门峡水利枢纽管理局。此后,各项管理工作得到加强,为解决三门峡水利枢纽发展前进中的问题,提供了组织保证和有利条件。特别是近几年来,在治理整顿和深化改革中,巩固成绩,提高效益,发展企业,工程管理的各项工作出现了生机勃勃的景象;探索出一条“以水电保电,以电养水,以电促综合经营”的水电企业发展的道路,使水利枢纽工程的社会效益和经济效益不断提高。现在,这个大型水利水电企业已跨入国家二级企业的行列。

六、不断开拓进取,攀登新的高峰

改建后的三门峡水利枢纽取得了巨大的综合效益,而且还有潜力,有待进一步挖掘;还有很多新的问题和新的情况要继续研究。只有通过不断认识、实践,才能不断进取,才能为今后黄河治理向更高层次发展,为多泥沙河流治理开发创造新经验。

三门峡水库非汛期年平均弃水为40亿 m^3 ,为了更好地利用黄河水资源,1990年经国家批准扩装两台7.5万kw水轮发电机组,目前一台7.5万kw机组正在进行施工,1993年底发电。

三门峡水电站采取低水头发电是成功的。1980年前全年发电,由于黄河泥沙较多,运用条件恶劣,机组大修周期缩短,检修费用增高,1980年后改为非汛期发电。几年来,由于二期改建的顺利进行,三门峡水库的运用发生了较大变化。1989年和1990年汛期,组织进行了浑水发电试验,在11个试验项目中取得了比较满意的成果,对机组的磨损气蚀和入库水草处理有了新的办法,为实现汛期发电和机组技术改造积累了经验。国家已将三门峡水电站汛期发电试验列入“八五”技术攻关项目,同时在机型、过流部件、电站