

黄河三门峡水库泥沙淤积、地下水浸没、库岸坍塌对生态的破坏及其治理措施*

张 炳 臣

(黄河水资源保护科学研究所)

三门峡水库是在黄河干流上修建的第一座大型水利枢纽工程,1960年9月建成并蓄水运用。由于原设计对泥沙淤积问题估计不足,在水库蓄水运用后的四年时间内,335m以下库容已损失43%,潼关河床抬高4.5m,致使渭河和北洛河下游河床淤高,屡次发生严重洪水灾害。高水位蓄水期间,因受地下水浸没影响,库周发生大范围的湿陷、裂缝、沉降、塌方、塌房、塌井和农田沼泽化、盐碱化,特别是潼关以下库段发生的大面积库岸坍塌,给库区两岸人民的生命财产、工农业生产、交通运输造成严重危害,同时,库区小气候、陆生动植物、鱼类及水生生物生态、卫生、航运以及下游河道水文等,都发生了变化。

1980年至1981年我们对三门峡水库进行了全面的实地调查。最近,又收集了近几年来泥沙淤积及库区治理的有关资料,进行了环境影响回顾评价。

一、三门峡水库工程概况

三门峡水利枢纽位于黄河中游下段,控制流域面积68.84万平方公里,占全流域的92%,并控制了下游水量的89%和沙量的98%,是一座以防洪为主,兼有发电、灌溉、防凌、航运等多种效益的综合性工程。按原设计要求、水库拥有 $100 \times 10^8 \text{m}^3$ 的防洪库容,可使三门峡千年一遇洪水下泄流量削减至 $6000 \text{m}^3/\text{s}$ 。水电站装机8台,容量 110×10^4

kW,年发电量 $60 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$ 。调节水量可为下游4000余万亩农田灌溉提供水源,并使下游河道常年保持一定的航运水深。原选定设计正常高水位为360m(相当库容 $647 \times 10^8 \text{m}^3$),后来为了减少淹没损失,确定先按350m施工(库容 $354 \times 10^8 \text{m}^3$),坝顶高程353m,第一期移民按335m高程进行,共移民31.9万人,淹没耕地96万亩。三门峡工程改建后,防洪运用水位一般不超过335m;防凌运用水位定为326m;灌溉发电最高水位一般不超过324m。

枢纽工程于1957年4月动工,1958年截流,1960年9月建成。主要建筑物有混凝土、重力坝和水电站厂房。主坝全长713.2m,最大坝高106m,左侧为溢流坝,长124m,右岸电站坝长232m。

三门峡库区包括龙门以下干流及支流,渭河、北洛河下游部分(图1)。龙门至大坝长247km,库区地形以潼关为界,上段龙门至潼关长133km,河谷开阔,为强烈堆积的游荡性河流;潼关至大坝长114km,为峡谷型河流。渭河、北洛河在潼关附近汇入黄河,交汇区河床宽10余km,而潼关河床宽突然缩到1km,形成天然卡口,因而潼关水位对潼关以上黄河干流,渭河及北洛河下游起着局部侵

* 本报告经黄河水利委员会温存德副总工程师和工务处工程师审阅,特此致谢。

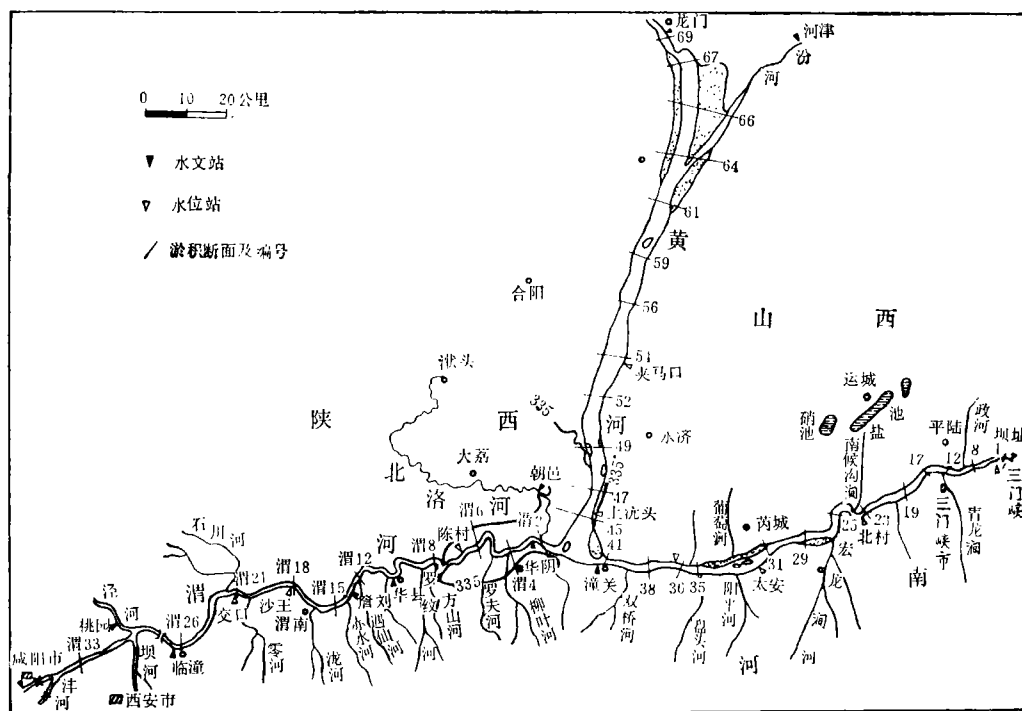


图1 三门峡库区平面图

蚀基准面的作用。渭河下游地形比较平缓开阔,是弯曲性的平原河流。

二、三门峡水库蓄水运用期泥沙淤积、地下水浸没、库岸坍塌对环境的危害

(一)泥沙淤积

三门峡水库 1960 年 9 月建成并蓄水运用,最高水位达 332.58m(1961 年 2 月 9 日),蓄水后暴露出了一系列问题,超出原设计要求的预料,水库库容迅速损失。1960 年 9 月至 1964 年汛后,335m 以下库容已损失 43%,年平均损失库容近 $10 \times 10^8 \text{m}^3$ (原设计年损失库容 $3.7 \times 10^8 \text{m}^3$)。水库淤积范围外延,严重威胁关中地区以西安为中心的工农业基地。潼关河床不断抬高,如 1969 年汛后,潼关河床高程比建库前抬高 5m,使潼关以上黄河北干流和渭河、北洛河下游河道都发生显著淤积。

回水淤积是库区问题的症结所在。黄河、渭河、北洛河的回水淤积发展迅速,向上游延伸很远。黄河北干流淤积末端在黄淤 57 断面,距坝 187km,渭河淤积末端最远发展到渭淤 25 断面,距坝 238km。

由于回水淤积影响,1974 年华县以下滩面抬高 3.7m,渭南以下滩面抬高 2m,临潼以下滩面抬高 1m。在渭南以下,防洪堤内外形成 2—3m 的临背差,成为悬河。北洛河下游 1968 年滩面均淤高 2—4m,黄河北干流河床抬高 1—2m。渭南至潼关之间南山下的 10 条小支流,由于渭河水倒灌河床都有所提高,如遇仙河泥沙淤积,桥面二次加高。(见图 2)

由于泥沙淤积,河槽泄洪能力降低,潼关 330m 以下过水断面曾减少 60%。黄河北干流金水滩以下的漫滩流量只有 $3000 \text{m}^3/\text{s}$,北洛河朝邑附近,滩流量由建库前的 $1000 \text{m}^3/\text{s}$ 降至 $150—200 \text{m}^3/\text{s}$ 。渭河华县断面由 5000

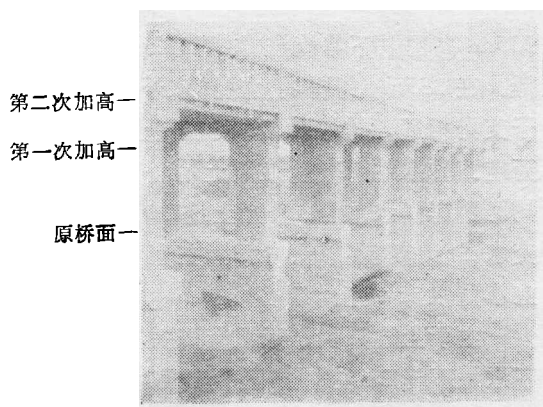


图2 华县辛庄乡遇仙河桥

1962 年建成,桥面高程 344.0 m, 1969 年第一次加高桥面高程 346.52 m, 1973 年第二次加高、桥面高程 349.40m, 两次共加高了 5.40m.

降至 $2000\text{m}^3/\text{s}$ 。因此,经常造成洪水灾害,而渭河下游受灾比较严重。1967 年汛期,渭河河口末端泄洪不畅,造成 8.8km 一段河道主槽全部淤堵,迫使河水漫滩流灌,上游河槽和滩面也急剧抬高。1968 年 9 月 12 日,渭河莲花市一柳枝一带发生 $5000\text{m}^3/\text{s}$ 洪峰,远远大于当时 $2000\text{m}^3/\text{s}$ 的平槽流量,结果淹没耕地六万多亩。1973 年 9 月 1 日,华县洪峰流量 $5010\text{m}^3/\text{s}$ (比建库前同流量水位高 3.7m),当时平槽流量不足 $3000\text{m}^3/\text{s}$,结果沿河普遍漫滩,支流倒灌 2—7.5 km,淹没耕地 25 万亩。1981 年 8 月 22 日,临潼水文站出现 $7600\text{m}^3/\text{s}$ 的洪水,是三门峡建库以来渭河最大的一次洪水,渭河下游防护大堤全部偎水,水深 3m。北岸临潼大堤有一处决口,335m 高程以下,即方山河以东一片汪洋。秦岭南山在渭南以东的 10 条较大支流全部倒灌,倒灌总长度 37km,受灾村庄 22 个。其中坍村一处,受灾人口近三万,倒塌房屋 6900 间,毁坏机井 1715 眼,淹没土地 56.98 万亩。其它道路、桥涵、抽水站也遭受不同程度的破坏。

(二) 地下水位上升和浸没的影响

三门峡水库蓄水后,库周水文地质条件发生变化,地下水位普遍上升。上升高度由坝址向上游逐渐减小,深水区大于浅水区,近库边大于远库边。1960 年 9 月—1961 年

底,高水位蓄水期坝址段地下水位上升 8—25.5m,最大值在三门峡王官村高达 36.2m,库区上游、渭河两岸地下水位一般上升 2—4m,库周地下水的影响范围是随库水位涨落而变化,在潼关以下高岸峡谷型库区,影响范围一般距库岸 1—2km,北岸最大达 3km,南岸最大达 5km。

地下水上升和浸没所造成的主要危害有:地面湿陷、裂缝、滑坡、塌房、塌井、地下水水质恶化、土地沼泽化及盐碱化等。

如平陆县南村乡东延村近年出现地面湿陷、裂缝、沉降。该村东南约 1000m 处有一地下水位观测井,井下钢管埋深 100 多米,1979 年 11 月份调查时发现比 1959 年建井时井周围地面大面积均匀沉降了 0.7m,1980 年 9 月第二次调查时,测量结果下沉 0.8m。

滑坡多发生在沿库周的一级阶地及河谷的两侧,如芮城县凤凰咀滑坡,坡体长 2300m,宽 143m。老鹳窝滑坡,缝长 470m (东西向),缝宽 0.5—1.0m,滑坡体面积 37 亩,落差 1—1.7m。

塌房主要发生在潼关以上库周,北洛河的一级阶地上,不适居住的村庄 1961 年有 5 个,1962 年扩大到 28 个,严重的是王庄村,一年内塌房 200 间。在永济县夏阳、芮城县彩霞一带和灵宝县杨村,340m 高程左右的近岸低洼处均出现地面湿软,道路泥泞,交通困难和塌房现象。

塌井主要发生在潼关以下库周,建库前地下水位一般埋藏 20—30m,井壁多为松散黄土,水库蓄水前,地下水位稳定,年变幅仅一米左右,塌井极少见。蓄水后地下水位很快上升,井壁土体浸泡、崩解、坍塌。1961 年底,潼关、灵宝、陕县、三门峡、芮城、平陆等六县(市)沿库周 24 个乡镇 100 多个自然村共塌陷水井 1296 眼,其中 64 个村庄水井全部坍塌,下游库区以三门峡市、陕县、平陆县最为严重。塌井范围,北岸距库边一般为 1—1.5km,芮城汉渡村远达 4km,南岸大于北岸,一般

距库边 1.5—2.5km, 陕县大营及灵宝县新店远达 4.5km. 在上述范围内, 塌井数占原有井数的 70% 以上, 特别是近库边一公里以内有 90% 以上的水井塌毁, 给群众生活造成很大困难.

地下水质出现恶化. 库周地下水埋藏较浅的低岸缓滩, 由于受地下水位上升和浸没的影响, 使上部风化岩石和黄土中的可溶性矿物和盐类溶解到水中, 致使水中化学成份复杂化, 出现水质变咸变苦现象. 水质恶化程度随水库运用后水位抬高而发展. 如芮城县彩霞村水库蓄水前井深 7—10m, 水质较好. 水库高水位蓄水后, 井水上升 2m, 全村五眼井水全部变咸变苦, 不能饮用.

三门峡库区盐碱地主要分布在黄、渭、北洛河后滩或一级阶地防护区内、汾河河口、华阴、华县夹槽地带及山西运城涑水盆地.

建库前, 库区已有盐碱地 11 万亩, 沼泽地仅有小块分布, 面积约 400 余亩. 水库蓄水后, 由于地下水位上升, 盐碱地沼泽地面积迅速扩大. 1960 年 12 月盐碱地和沼泽地面积约 23 万亩, 1961 年 11 月发展到 42.6 万亩. 1971 年 4 月潼关以上库区仍有盐碱地 35 万亩, 积水沼泽 5.7 万亩. 1973 年盐碱地面积增加到 40.3 万亩, 积水沼泽近 6 万亩, 占库区总耕地面积的 40% 以上.

但是, 1980—1981 年调查时, 潼关以上库区盐碱地, 沼泽地大量减少, 其原因主要有以下几方面:

(1) 水库采用低水头 (坝前水位一般不超过 324m), “蓄清排浑”控制运用, 回水不超过潼关.

(2) 华阴—华县—渭南—西安沿铁路线一带目前已发展成为陕西省工业基地, 大量抽取地下水, 使地下水位有所降低.

(3) 近几年气候干旱, 二华 (华阴、华县) 夹槽地区的农田灌溉, 多采用井水, 地下水位也相应下降.

(4) 库区内的国营农场, 解放军农场在

335m 高程以下修筑排水堤 33km, 疏干沼泽. 在 335m 高程以上挖排水干沟 120km, 干支沟相通, 排水淋盐, 可控制土地面积 45 万亩. 排水站 12 处, 控制土地面积 37 万亩. 渭河两岸引水放淤, 淤灌土地 14 万亩, 旱地变水田, 改良盐碱地. 另外, 在南山支流上建立小型水库 4 座.

由于上述原因, 近几年潼关以上库区地下水位下降 2m 左右, 库区盐碱化、沼泽化土地面积大量减少, 基本上恢复到建库前的情况.

(三) 库岸坍塌

塌岸主要分布在潼关以东, 三门峡大以西, 在这区间为黄土高崖峡谷区, 土质松散岸坡陡至 60—70°, 岸边高出水面 30—70m. 由于河流弯曲, 库岸几乎普遍存在着岸边冲刷现象. 水库蓄水期, 特别是在高水位运用期, 水库在风浪的作用下, 水流加剧对岸边的冲刷, 使高出水面数十米的黄土下部掏空, 在重力作用下, 全部坍塌.

塌岸的形式有崩塌、滑塌、座塌 (混合式) 三种. 粘质土多呈崩塌, 沙质土多呈滑塌或座塌, 塌岸以滑塌和座塌为多见. 到目前为止 (1985 年底) 库区内较大塌岸共 28 处 (图 3), 库区南岸有 16 处, 北岸有 12 处. 这些塌岸有的已经治理和正在治理, 而有的还在继续坍塌.

塌岸的强度和规模, 一次塌宽一般为 3—5m, 最大为 60m. 一日塌宽最大为 70m (1978 年 10 月, 灵宝县东古驿塌岸). 据 1961 年底资料, 蓄水初期, 累计塌宽一般为 50—100m, 100m 以上的有 14 处, 最大塌宽 280m (三门峡上村). 1979 年 8 月调查, 灵宝县杨家湾累计塌宽已超过 1500m. 1961 年 9 月, 发生在灵宝县七里铺的一次塌岸, 塌地面积约 100 亩, 土体超过百万方. 1960 年 9 月—1961 年底累计塌岸量为 1.77 亿方. 大坝至陕县七里铺塌岸显著, 占总塌岸量 26%. 陕县七里铺至潼关为严重塌岸区, 占总塌岸量 72%. 而潼关以上塌岸甚轻, 仅占

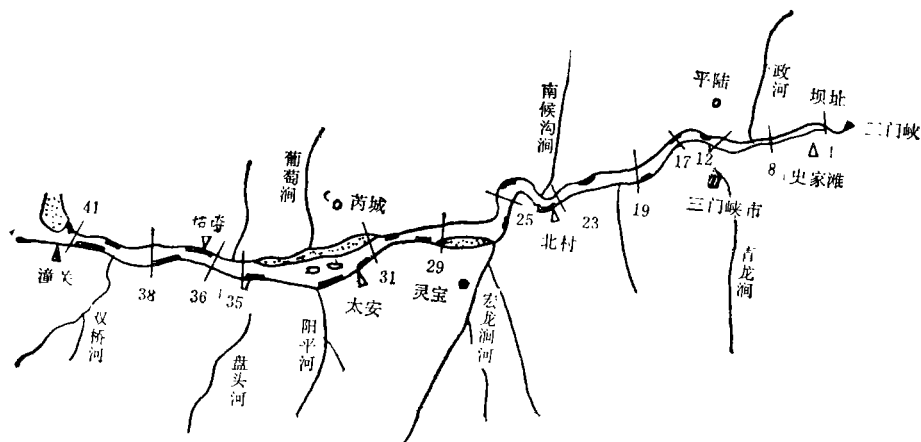


图 3 三门峡水库潼关-坝址段严重塌岸示意图

■ 严重塌岸河段； / 淤积断面及编号。

2%。坝前最高蓄水位 332.58m 时,库岸线长 485.7km, 实则塌岸线长 201km, 占总岸线长的 41%。所以潼关以东有近半数岸线发生塌岸。

三门峡水库塌岸给环境生态带来的危害是严重的。

(1) 塌岸土体坠入水库, 增加水库泥沙量, 侵占有效库容。1960 年 9 月至 1961 年底, 高水位蓄水期塌入库区的 1.77 亿方土体约合 2.5 亿吨, 占同期水库淤积量 15.3 亿吨的 16.3%, 侵占有效库容的 1.8%。

(2) 破坏大量的良田, 中断道路威胁村庄和人畜的安全。

据 1977 年 11 月份资料, 库区共有 16 个乡镇, 89 个自然村受塌岸影响, 被迫搬迁的村庄有 4 个, 共塌掉耕地 6.4 万亩, 报废 26 处提水站和 62 眼机井。目前受塌岸影响的村庄还有 36 个, 33 处提水站和 123 眼机井。灵宝县西阎乡东古驿村, 近年来塌岸严重, 已迁建的村庄又有塌毁的危险。有的村庄距塌岸最近处只有 160m, 群众只得再次搬迁。

三、三门峡水库的治理

(一) 工程的改建

由于三门峡水库淤积严重、原设计效益

均无法全部实现。为了减缓淤积, 继续发挥工程效益, 分别于 1964 年和 1969 年决定对枢纽工程进行两次改建。第一次改建在左岸增建两个进口高程为 290 m 的泄流排沙隧洞, 电站左侧四条发电引水钢管改为泄流排沙钢管。这样, 连同原设计的 12 个深水孔, 315m 水位下可泄流 $6000 \text{ m}^3/\text{s}$ 第二次改建是打开 8 个施工导流底孔, 把 1—5 号发电引水钢管进口高程下降至 287m, 并安装 5 台轴流转浆式机组, 总容量 $25 \times 10^4 \text{ kW}$ 。这样, 315m 水位下共能泄流 $10000 \text{ m}^3/\text{s}$, 较原建泄流能力增加两倍以上, 一般洪水的回水淤积不影响潼关。泄流部分的改建工程于 1971 年底全部完成。

(二) 水库运用方式的改变

三门峡水库运用方式大致可分为三个时段(蓄水运用、低水位运用、控制运用)。1960 年 9 月到 1962 年 3 月进行蓄水运用、最高水位曾达到 332.58 m。蓄水后暴露出了一系列问题, 其严重程度超过了原设计的估计。为此 1962 年 3 月改为低水位防洪排沙运用, 但因泄流能力不足, 泥沙淤积仍继续发展。1971 年底, 枢纽工程经过两次改建后, 泄流排沙能力有了较大的提高, 基本上解决了水库泥沙淤积问题。为了实现黄河水沙资源的综合利用, 还需要有一个合理的运用方式, 即在来沙

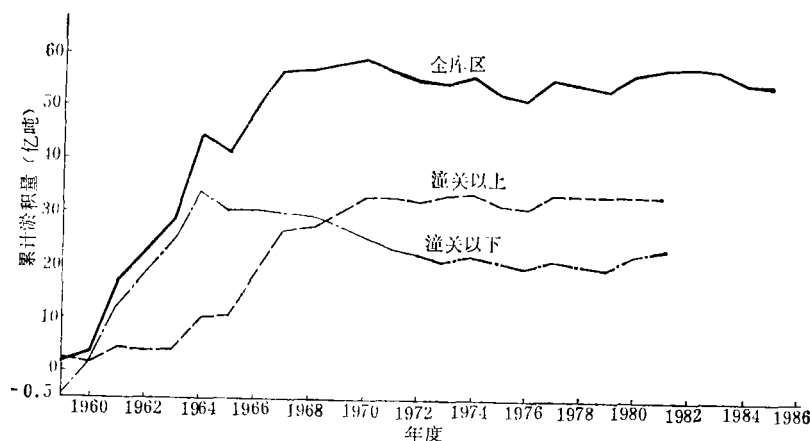


图4 三门峡水库淤积图

少的非汛期适当蓄水,进行防凌、灌溉、发电。来沙多的汛期则降低水位防洪排沙,并充分利用洪水排沙,以适应下游河道“大水多排沙”的特点。

三门峡水库经过二次改建和改变运用方式后,全库区历年泥沙淤积变化见图4。从图4可见,1960—1963年底,工程改建前库区泥沙淤积严重。1964年工程开始改建,潼关以下库区泥沙淤积明显下降,潼关以上库区泥沙淤积仍继续增加。1971年底工程两次改建完毕。1974年水库采用“蓄清排浑”的调水调沙运用。根据库区各淤积断面资料分析,截止1985年10月,整个库区泥沙淤积得到控制,基本达到冲淤平衡,而且潼关河床高程在一定变幅范围内(约一米)基本上保持稳定,控制了淤积上延。

(三) 塌岸的治理

库区两岸严重塌岸河段,为了保村、保站、保滩、修筑了大量的护岸及控制性工程。截止1983年底,库区潼关至坝址段共修建护岸工程27处,全长37.12km。经过治理的河段,基本上控制了河势,减少塌岸的影响。

四、目前三门峡水库工程效益

三门峡水库经过两次改建和改变运用方

式后,在防洪、排沙、防凌、灌溉、发电等方面收到了一定的效益。

(一) 防洪 三门峡水库为了保留库容以防御特大洪水,水库不拦蓄下游提防防御标准以内的一般洪水以减少使用机率,减轻水库淤积。水库的防洪运用方式,在1969年有晋、陕、豫、鲁四省参加的会议上作了规定:当上游发生特大洪水时,敞开闸门泄洪。当下游花园口可能发生超过 $22000 \text{ m}^3/\text{s}$ 洪水(下游堤防设防标准)时,应根据上下游来水情况,关闭部分或全部闸门。对增建的泄水孔,原则上应提前关闭以防增加下游负担。

从根据典型洪水所作的防洪运用方案来看,三门峡水库防御大洪水的效益还是十分显著的。对于三门峡以上来的洪水,敞开全部闸门泄流,最大下泄流量 $15000 \text{ m}^3/\text{s}$,可将入库洪峰流量为 $40000 \text{ m}^3/\text{s}$ 的千年一遇洪水降低到花园口站设防流量 $22000 \text{ m}^3/\text{s}$;对三门峡以下,三门峡至花园口区间来的洪水,水库可相机关闸拦洪 $23—47 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{s}$,减轻了下游防洪负担。

(二) 排沙 三门峡水库目前采用“平时控制、洪水敞泄”的排沙运用方式,不但保持了水库年内泥沙的冲淤基本平衡,而且有利于潼关高程的冲刷恢复并尽量减轻下游淤积负担。

(三) 防凌 三门峡水库凌汛期调节水量配合下游防凌,不但使下游凌汛绝大多数年份成为“文开河”,而且战胜了象 1967、1969、1970 年等较 1951、1955 年更为严重的凌汛。

(四) 灌溉 据统计,1973—1983 年,豫、鲁两省累计引黄抗旱灌溉面积 21300 多万亩,同时给开封、郑州、胜利油田等城市人民生活 and 工业用水提供水源。

(五) 发电 1973 年 12 月底,第一台机组发电后,相继共有 5 台机组投入运用(装机容量共 $25 \times 10^4 \text{kW}$,设计年发电量为 $12 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$),截止 1986 年 5 月底已累计发电 $105.7 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$ 多。目前,正常年份发电量已达 $10^9 \text{kW} \cdot \text{h}$ 接近于工程改建后的设计标准。除向三门峡地区提供约 $10 \times 10^4 \text{kW}$ 的电力外,其余 $15 \times 10^4 \text{kW}$ 并入电网系统。

五、几点看法

(一) 三门峡工程的实践表明,在多泥沙河流上修建水库,由于泥沙问题,不但工程规划指标和效益要受到限制,而且各项效益的相互关系也要相互制约。加上三门峡水库特定的河床边界条件,只能利用潼关以下峡谷库区进行水沙调节,调节程度受到限制。因此,三门峡水库所发挥的综合效益也是有限的,远远达不到水库原设计的效益标准。如受潼关高程的限制,三门峡水库的防凌运用水位 1965 年经国务院批准为 326m,这时的防凌、春灌库容只有 $18 \times 10^8 \text{m}^3$,不能满足下游防凌和日益增长的工农业供水要求。汛期排沙也只能在极有限的范围内调节、不能较大程度地减轻下游河道淤积。

(二) 三门峡水库不能与国内一般河流仅按径流调节和动态经济学的概念所进行的规划而产生的效益进行对比。完全可以设想,如果三门峡工程不改变运用方式和不进行改建,二十六年 after,由于泥沙淤积和库容损

失,水电站也仅仅是个径流电站。关中地区淹没、浸没的损失将十分巨大,原规划的效益也将无法实现。从这一角度出发,不能以原规划的指标来衡量工程效益的大小。

(三) 三门峡水库对环境生态所造成的影响,突出地表现在高水位蓄水拦沙期。其影响范围遍及库区上下游广大地区,所造成的后果是严重的。随着水库枢纽工程的改建和运用方式的改变,加之在库区上游采取了一系列工程防护措施和治理措施,水库造成的危害和不利影响有的已消除,有的得到控制。但有的其危害很难恢复到建库前的水平。例如泥沙淤积问题,工程经过两次改建和降低其他指标,库区潼关至坝址段槽库容可以较快消除淤积影响,而潼关以上滩库容难以恢复,库容运用一次就会减少一次。但由于特大洪水发生的机率小,运用机会不多,这样,三门峡水库就能在相当长的时间内保持一定的防洪库容。

目前,三门峡水库正常最高蓄水位为 324m,回水不超过潼关,一般在黄淤第 33 断面。水库结合防洪、防凌、灌溉、发电等综合利用进行水沙调节,使潼关河床高程在一定变幅范围内基本上保持了稳定,控制了淤积上延,而且对于库区下游河道也未产生不利的环境影响,为在多泥沙河流上修建水库工程,除害兴利,摸索了一条途径。

(四) 三门峡水库当前的运用方式是适应目前黄河上下游情况所作的一种安排。随着上下游新工程的修建,三门峡水库的运用条件将会有所变化。合理地处理和安排泥沙问题,使之向有利于环境生态方面发展,这仍然是今后十分重要的研究课题。

参考文献

- [1] 龙毓鸾 张启舜,人民黄河,3,1—8(1979).
- [2] 丁六逸,人民黄河,5,66—69(1985).

Abstracts

HUANJING KEXUE

Chinese Journal of Environmental Science

Studies on Comprehensive Prevention and Control of Water Pollution among Main Cities in the Tai Lake Region, South of Jiangsu Province

Hu Rongmei, Juhua et al.

This article reports briefly on the research results which comprise four subjects: (1) studies of prediction of environmental impacts in the course of economic development and measurements taken in Changzhou; (2) studies on integrative prevention planning of water pollution and tourism value of gardens and scenic spots in Suzhou; (3) studies on environmental assessment of present conditions and technology of integrated prevention in Wuxi; (4) studies on prediction and control of rivers-network pollution by township enterprises and agricultural activities in the Tai Lake region. These research projects have been accomplished cooperatively by the research institutions of environmental protection of Jiangsu Province, some institutes of Chinese Academy of Sciences, high schools, departments of water conservancy and agriculture concerned.

HUANJING KEXUE Vol 7, No. 4, p 33 , 1986
Vol 7, No. 5, p 14 , 1986

Studies on Urban Ecosystem and Comprehensive Abatement of Pollution in Tianjin City *Tianjin Environmental Protection Bureau (EPBT)*

This paper gives a brief summary based on lots of studies of Tianjin urban ecosystem and its subsystems by which the main environmental problems in Tianjin have been revealed systematically. The correlation among three subsystems, i.e. economic development, resources utilization and environmental pollution have been investigated. A series of mathematic models, such as input-output programming model of environmental economics, composite model of forecasting pollutants, dynamic model of economy-resources-environment system, pan-target ecological programming model, system dynamic model of urban water supply, programming model of comprehensive abatement of atmo-

spheric pollution, atmospheric TSP diffusion model etc. have been established by means of system engineering, social investigation, field observation, experimental research and computer simulation. Moreover, programming for industrial wastewater treatment in accordance with districts or trade types, forecasting industrial pollution in the years of 1990 to 2000, and comprehensive disposal program of urban environment have been researched as well.

These results mentioned above have been applied to urban planning, environment planning and environmental management in Tianjin.

HUANJING KEXUE Vol 7, No. 5, p 4 , 1986

Ecological Deterioration around the Reservoir of Sanmen Gorge on the Yellow River and Measurements Taken

Zhang Bingcheng

In this article, some ecological effects of the reservoir of the Sanmen Gorge have been discussed since it was built in September of 1960. The reservoir is the first hydro-junction engineering built on the Yellow River. Its harmful impacts on ecological environment appear especially during the high level storage. Owing to silting seriously and expanding silt to the upper basin, the reservoir was forced to have been rebuilt twice. And till now it has been working well in the way of "discharging sediment during low level storage, maintaining water when clear and discharging when muddy, then regulating water and sediment". Since then balance of scouring and silting has been kept, expansion of silting to upper riverbed controlled, and impacts on ecological environment lightened. Now the reservoir is not only playing an important role in preventing flood and glacier, but getting the benefits of irrigation, urban water supply and generation of electricity.

HUANJING KEXUE Vol 7, No. 5, p 63 , 1986
