

泾渭河冲淤规律分析及渭河下游治理对策研究^{*}

王建杰¹, 田进², 杨西林¹, 李孟来²

(1 陕西省水利电力勘测设计研究院, 陕西 西安 710000;

2 陕西省水利厅, 陕西 西安 710000)

[摘要] 对渭河及泾河高含沙洪水的特性、渭河下游及潼关高程的冲淤规律进行了分析, 指出三门峡枢纽高水位运行、低泄洪能力及渭河高泥沙含量, 是潼关高程抬升、渭河下游演变趋势恶化的主要原因, 提出解决渭河下游水沙问题的对策是建设东庄水库工程、改变三门峡水库运行方式、降低渭河河口潼关高程, 并辅之以区域综合治理等。

[关键词] 渭河; 泾河; 水沙特性; 冲淤规律; 三门峡水库; 水库运行方式; 渭河下游治理; 潼关高程

[中图分类号] TV 143⁺. 3

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)08-0149-06

渭河是黄河最大的支流, 沿河两岸不仅是陕西省经济社会发展的中心地区, 而且在国家西部大开发中具有承东启西的战略地位。20世纪50年代末, 为了保证黄河下游的安全, 国家在黄河上修建了三门峡水库, 但陕西却为此付出了沉重代价, 除淹没大面积农田, 并造成移民30万外, 渭河下游目前仍突出地存在着以下问题: (1) 潼关高程居高不下, 泥沙淤积严重, 同流量水位大幅度抬升, 洪水威胁加剧; (2) 南山支流问题严峻; (3) 移民返迁区防洪问题突出; (4) 生态环境日益恶化; (5) 渭河下游堤防标准低, 防洪工程措施单一, 堤防建设速度滞后于河道淤积速度; (6) 水资源极为贫乏, 供需矛盾加剧。以上问题的存在, 严重制约着陕西经济的发展速度和质量。因此, 关于三门峡水库运行、潼关高程的降低和渭河减淤等问题, 已经引起了众多研究者的关注。文献[1-4]从不同角度对这一问题进行了研究, 但对于解决该问题的对策研究尚显不足。为此, 本研究试图通过对渭河及泾河高含沙洪水特性、渭河下游及潼关高程冲淤规律的分析论述, 提出切合实际的解决渭河下游泥沙淤积问题的对策与措施, 从而为相关部门的决策提供参考依据。

1 泾河、渭河水沙特性和冲淤规律分析

1.1 水沙特性

泾河、渭河和黄河的相对位置如图1所示。泾河是渭河的最大支流, 干流长451 km, 于渭河咸阳水文站以下30.9 km处汇入渭河, 泾河河口距潼关186

km。泾河多年平均含沙量 146 kg/m^3 , 多年平均输沙量约占黄河多年平均输沙量的 $1/5$, 约是渭河的 $2/3$, 是渭河下游泥沙的主要来源区。泾河、渭河、黄河的水沙关系见表1。

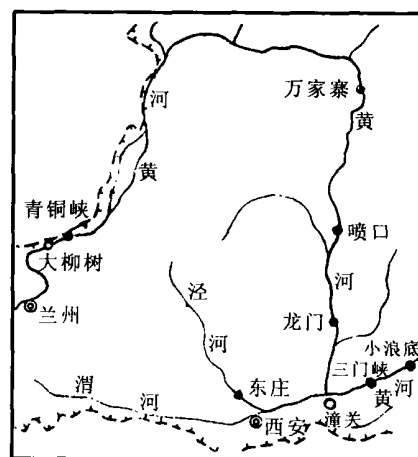


图1 泾、渭、黄河与东庄水库的位置

Fig 1 Location of Jing River, Wei River and Yellow River and Dong Zhuang reservoir

泾河泥沙平均中值粒径为 0.035 mm , 粘性($d < 0.01 \text{ mm}$)含量较高, 占 19.5% ^[5], 其含沙浑水具有以下显著特性。

(1) 容易形成高含沙水流。随着浑水含沙量、特别是粘性颗粒含量的增加及絮凝结构的存在, 泾河在汛期经常出现高含沙水流现象, 从而使河道中水流的挟沙能力大增, 如张家山站1958-07-11实测最

^{*} [收稿日期] 2006-05-17

[作者简介] 王建杰(1962-), 男, 山西运城人, 高级工程师, 主要从事水利水电工程设计与研究。

大含沙量达1 430 kg/m³。

表1 泾、渭、黄河的洪水、径流、泥沙数据主要参数

Table 1 Main parameters of flood,water flow and sediment in Jing River,W ei River and Yellow River

河名 River	站名 Station	流域面积/ 万km ² A reas of drainage	不同频率的洪峰流量/(m ³ ·s ⁻¹) Frequency and runoff of flood peak			年径流量/ 亿m ³ Yearly runoff	年输沙量/ 亿t A nnual sedim ent discharge	年平均含沙量/ (kg·m ⁻³) A verage annual sedim ent content
			Q 1	1	5			
泾河 Jing river	张家山 Zhangjiashan	4 54	23 660	14 260	8 150	18 5	2 7	146
渭河 Jing river	咸阳 Xianyang	4 68	11 170	9 920	7 000	54 7	1 7	31
	华县 Huaxian	10 65	16 100	8 733	5 794	83 0	3 9	47
黄河 Yellow river	潼关 Tongguan	68 4	40 000	27 500	18 800	416	13 2	33

(2)产生絮凝结构。在含粘粒高的浑水中除有“偶极体”水分子以外,还存在着大量带负电荷的粘性颗粒和正负离子,它们之间由于电场引力而发生吸附作用,在粘性颗粒和离子的吸附影响范围内形成了水化膜。对于那些水化了的具有相互吸引作用的粘性颗粒和离子来说,其水化膜会粘附在一起,结成絮团状集合体,形成絮凝结构。

(3)易出现浆河、揭河底现象。当高含沙浑水流量突然减少时,流速剧减到数厘米每秒,高含沙浑水会因流动阻力增大而整体停止运动,形成浆河,这种现象对于防洪极为不利。而另一方面,由于高含粘粒浑水呈粘塑性特点和絮凝结构,具有很大的挟沙能力,在浑水涨峰期,河床附近的切应力 τ_b 较平水期大数十倍,从而引起对河床的剧烈冲刷,以至产生揭河底现象,可将河床多年的层状淤积成片(面积达数十m²)揭起,可在几小时至几十小时内使渭河河床降低0.54~2.64m^[2]。

1.2 渭河下游的冲淤规律

对渭河下游多年水沙资料^[5-6]的初步分析表明,渭河下游的冲淤主要受泾河高含沙洪水的制约,其冲淤规律可概括为“小水淤槽,中水刷槽,大水淤滩刷槽,涨冲落淤”。

(1)小水淤槽。当泾河张家山站日平均流量小于750 m³/s的洪水通过渭河下游后,华县站的常水位(相当于华县站多年平均流量Q=250 m³/s的水位)必然抬升,此时主河槽发生淤积。

(2)中水刷槽。当泾河日平均水流量大于750 m³/s,至渭河下游出现平滩洪水时,主河槽发生冲刷。

(3)大水刷槽淤滩。渭河滩面宽阔且多为耕地,大洪水漫滩后滩面水流流速降低,此时泥沙淤积滩面且难以冲刷,而主河槽则产生冲刷。

(4)涨冲落淤。指高含沙洪水涨峰期,水面比降大,水深大,流速大,挟沙力大,对河床形成冲刷,即“涨冲”。落峰期流量变小,水面比降小,流速小,挟沙力小,在床面形成淤积,即“落淤”。

渭河下游所呈现的上述冲淤变化规律固然与多种因素有关,但从来水来沙单一因素分析,泾河水沙特性起关键作用。如何有效调度泾河的来水来沙,使其向有利于渭河下游河道良性演变的方向发展,是泾河流域治理的关键。

1.3 潼关高程的冲淤规律

1.3.1 潼关高程变化的历史与现状 (1)三门峡建库前的潼关高程。据考证,春秋战国至1966年的2 500年间,人类活动频繁,水土流失严重,潼关河床出现分选较好的冲积层,厚度达16 m,平均每年淤高0.6 cm^[1]。

在1950~1959年三门峡水库建库前,潼关高程年际之间相对平衡,总体上呈微冲趋势^[1]。从库前潼关高程(表2)的变化情况看,汛期平均每年降低15.9 cm,非汛期升高15.8 cm,全年降低0.1 cm。因此,年际间潼关高程冲淤变化处于相对平衡状态。

(2)敞泄排沙运行期(1969~1973年)的潼关高程。三门峡枢纽在1969~1973年采用“敞泄排沙”运行方式,汛后潼关高程由1969年的328.56 m降低至1973年的326.60 m,4年共下降约1.96 m,年平均汛期冲刷降低60 cm,非汛期抬高11 cm,平均每年降低49 cm^[1](表2,图2)。这种情况证明,潼关高程的变化符合“枯淤汛冲”规律,同时也表明三门峡水库采用敞泄排沙的运行方式可以降低潼关高程。

(3)蓄清排浑运行期(1974~2001年)的潼关高程。1974年以后潼关高程持续抬升,实测结果表明:1974~2001年汛期潼关高程平均降低37 cm,非汛期升高42 cm,平均每年升高5.0 cm(表2),是建库前

0.6 m 的8.5倍。究其原因是三门峡水库从1974年起至今采用了蓄清排浑的运行方式^[3]。统计^[1]表明,在非汛期,水库坝前水位年平均只有29 d 小于310 m,有213 d 大于310 m,有73 d 大于320 m,分别占非汛期总天数242 d 的12%, 88%和30%,说明非汛期水库坝前水位绝大部分时间都超过了310 m (图3),

表2 潼关高程升降与三门峡水库运行方式间的关系

年份 Date	三门峡水库运行方式 Mode of operation of Sanmenxia reservoir	潼关高程变化/cm Tonguan altitude		
		汛期 Flood season	非汛期 Not flood season	全年 Whole year
公元前500年 BC 500	自然运行 Natural	—	—	+ 0.6
1950~ 1959	自然运行 Natural	- 15.9	+ 15.8	- 0.1
1969~ 1973	敞泄排沙 Sediment outflow	- 60	+ 11	- 49
1974~ 2001	蓄清排浑,发电 Generate electricity	- 37	+ 42	+ 5

注: 数字前的“+”表示潼关高程抬升;“-”表示潼关高程下降。
Note: “+” show Ton Guan altitude up lifted; “-” show Ton Guan altitude declined

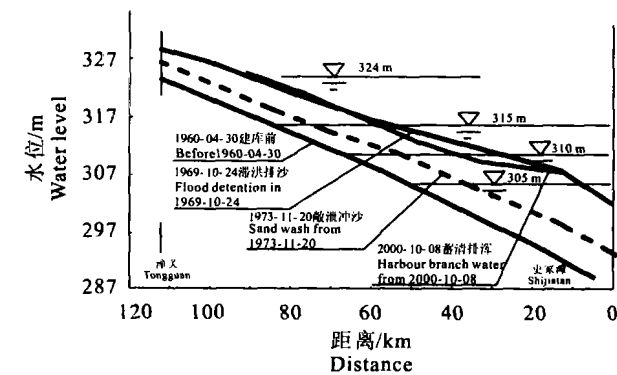


图2 潼关以下库区 $Q=1\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 水面线对比图
Fig 2 Contrast of water level line at $Q=1\,000\text{ m}^3/\text{s}$ backward position of Tongguan

1.3.2 “枯淤汛冲”规律 经分析,潼关高程(断面流量 $1\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时的黄河水面高程)能够长期保持基本冲淤平衡需具备以下条件: (1)潼关至三门峡坝址的比降 $J=1/3\,000$,有富裕的挟沙力; (2)潼关至三门峡坝址河段为峡谷型河道; (3)泾河高含沙洪水具有的巨大冲刷力。

由于潼关高程非汛期流量小,泥沙颗粒粗,挟沙力低,所以非汛期处于淤积状态,称为“枯淤”。汛期洪峰流量大,挟沙力大,特别是泾河高含沙浑水冲刷力强,故汛期处于冲刷状态,称为“汛冲”。

1.3.3 “黄淤、渭冲”规律 黄河龙门站汛期多年平均水量为 179.6 亿m^3 ,渭河华县站为 49.1 亿m^3 ,两者之比为3.7:1,接近4:1。据此界定汛期潼关洪峰

水位偏高。虽然近年来黄河水量变小,但年输沙量也相应变小,且泥沙颗粒变细,不会形成潼关高程的抬升^[1]。因此,非汛期水库坝前水位过高,水库运行方式不合理,是潼关高程自1974年以来居高不下的主要原因。

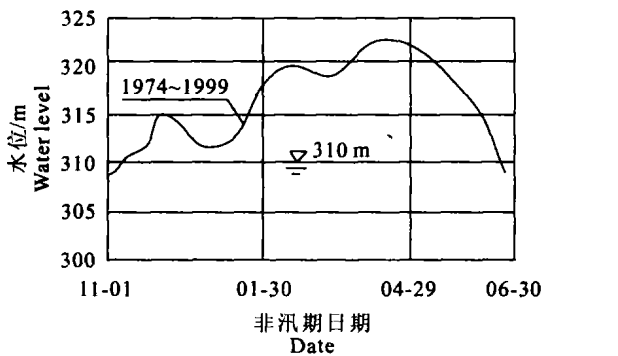


图3 坝前史家滩日平均水位过程线
Fig 3 Daily average water level in Sijiatan of Sanmenxia reservoir

流量,若以黄河龙门站来水为主时, $Q_{\text{龙门}} > 4Q_{\text{华县}}$;若以渭河华县站来水为主时, $Q_{\text{华县}} > 1/4 Q_{\text{龙门}}$ 。

“黄淤渭冲”指当潼关洪峰以黄河龙门站来水为主时潼关高程淤积抬升,当以渭河来水为主时潼关高程冲刷下降(表3)。

(1)产生黄淤的原因 黄河由龙门进入宽浅的小北干流后河面加宽,大量泥沙发生落淤,当北干流以90°折向潼关时(图1)被急剧消能,挟沙力骤减,而且潼关断面开阔,单宽流量小,挟沙能力小,势必将小北干流淤沙输入潼关河段,造成潼关高程的抬升。

(2)产生渭冲的原因 由于渭河出口紧靠秦岭,在潼关断面中形成低于左侧黄河的凹槽。渭(泾)河的高含沙浑水通过窄深的河槽,以单宽流量大、含粘

性颗粒多的形式潜入小北干流“清水”中,形成河道异重流,集中冲刷潼关河道,将使潼关高程下降。

表3 1964~1999年汛期潼关高程冲淤统计

Table 3 Biggish values of Tongguan altitude at flood season (1964-1999)

潼关以上 洪峰来水 Runoff	日期 Date	龙门站 Longmen		华县站 Huaxian		潼关站 Tongguan		潼关高程升(+) 降(-)值/m Change of Tongguan altitude
		流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) Runoff	含沙量/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) Sediment content	流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) Runoff	含沙量/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) Sediment content	流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) Runoff	含沙量/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) Sediment content	
以龙门站为主 From Longmen	1964-07-04	10 200	619	573	237	9 240	465	+ 0.65
	1970-08-01	5 750	777	640	294	4 820	513	+ 1.56
	1985-08-25~ 09-03	3 960	102	68.1	38.0	3 520	56.2	+ 0.57
以华县站为主 From Huaxian	1970-08-03~ 08-07	350	120	2 540	445	2 700	411	- 1.72
	1977-07-05~ 07-10	14 500	690	4 470	795	13 600	616	- 2.61
	1999-07-21~ 08-01	2 690	170	1 350	504	2 990	203	- 1.72

注:以龙门来水为主的12次洪峰均导致潼关高程升高,以华县来水为主的15次洪峰有13次造成潼关高程下降(另外2次导致潼关高程升高)。表3系摘录的较大值。

Note: The total 12 times stream which give priority to Longmen, uplifted the Tongguan altitude, and The 13 times stream which give priority to Huaxian, declined the Tongguan altitude, The table 3 values are Max.

对黄河潼关断面 1975-07-27~ 08-01 的实测资料^[4]表明,伴随着渭(泾)河高含沙量河道异重流的出现,潼关断面常发生剧烈的冲刷,冲出的主槽宽度和面积大体随渭河流量的增加而增大。“2 d 时间,使300多米宽的河床刷深5 m多”^[4],这次实测结果足以证明,渭河的高含沙浑水冲刷是降低潼关高程的重要因素。

2 渭河下游泥沙问题的治理对策

由泾河泥沙具有的水沙特性可以看出,泾河高含沙浑水具有两重性:一方面,泾河高含沙浑水具有极大的挟沙力,能够为冲刷潼关高程和渭河下游河床创造动力条件;另一方面,泾河高含沙浑水发生的浆河现象,容易在下游产生淤积,从而堵塞河道形成灾害。而揭河底现象表明,泾河的高含沙浑水的泥沙沉积速度较慢,只要采取拦挡工程措施并在一定的时间内加大泻量,就可避免淤积现象的发生,并可利用其冲刷特性达到冲刷渭河下游河床、减少泥沙淤积的目的。

由渭河下游的冲淤规律可以看出,要使渭河下游减少淤积甚至不淤,必须在高泥沙浑水期保持一定的流量,但对于无调节的天然河道,洪水期间流量的大小根本无法控制,只能听其自然。所以只有在泾河上修建挡水工程,才能通过调水、调沙措施,人为地控制洪水下泄过程,并充分利用泾河的泥沙特性,达到既冲刷渭河下游,又减少河道淤积的目的。

由潼关高程的冲淤规律可知,潼关高程的变化与三门峡水库的运行方式、黄河北干流的来流量、渭河流量及其冲淤规律的关系十分密切,且影响因素较多。但从历史的角度看,在三门峡建库前潼关高程

总体上是微冲趋势,年际间相对平衡。三门峡建库后,由于采用蓄清排浑的运行方式,导致泥沙在潼关发生淤积,而潼关是渭河河口的侵蚀基准面,当基准面的高程抬高时,势必使渭河下游发生淤积,从而使渭河下游洪涝灾害频发。

古人云:“大河之治始于河口”。即要治理河流,必须先治理河口。按照古人的这一理念,对于渭河下游的治理,应从降低河口基准面——潼关高程着手,以达到治理效果。而影响潼关高程的最大、最主要因素是三门峡水库的运行方式,因此改变三门峡水库的运行方式,是治理渭河下游问题的关键。目前,我国已经在三门峡下游修建了黄河小浪底水库,基本上替代了三门峡水库原承担的防洪、防凌、减淤等任务,这为三门峡水库运行方式的改变提供了十分优越的契机,也为渭河下游泥沙问题的解决提供了前提条件。

河流动力学的研究结果^[6]表明,决定河流演变和河型成因的三大条件分别是上游来水来沙条件、河谷比降条件(河流下游出口的侵蚀基准)及所在河段的河床边界条件。由以上对泾河水沙特性、渭河下游冲淤规律、潼关高程变化特点的分析得知,渭河下游的来水来沙,尤其是对泾河水沙的调节,是促进渭河下游河道向良性演变方向发展的主要途径,而改善下游侵蚀基准条件、降低潼关高程则是其基本保证条件。为此,渭河下游泥沙问题的解决应该从泾河水沙调节和潼关高程居高不下这两方面着手。

3 解决渭河下游泥沙问题的具体措施

3.1 建设泾河东庄水库^[6]

3.1.1 工程概况 泾河东庄水库控制流域面积

4 32万 km², 占泾河流域总面积的95.2%, 多年平均径流量19.04 亿m³, 多年平均输沙量2.8 亿t, 泾河年输沙量占渭河(华县站)年输沙量的72%, 约是黄河(潼关站)年输沙量的19%。泾河同频率洪峰流量比渭河大, 当暴雨区位于泾河流域时, 泾河洪水成为黄河洪水的重要组成部分。因此, 东庄水库不仅是治渭工程, 而且是治黄工程体系的重要组成部分。

按照“渭河流域近期重点治理规划”确定治理思路, 东庄水库“以防洪减淤为主, 兼顾供水、发电及生态环境”开发目标。经分析论证, 规划推荐的东庄水库为灰岩坝址, 水库总库容30.08 亿m³, 最大坝高228 m, 正常水位786 m, 枢纽电站装机60 MW, 属大(I)型水利枢纽工程。该枢纽工程主要由混凝土双曲拱坝及泄洪、引水发电用建筑物等组成。

3.1.2 水库调度运用原则与方式 本研究提出东庄水库的运用原则是:“库河三个确保, 运用三大法宝, 蓄水用浑运行, 资源水力长效, 水库有利无弊”。三个确保指: 确保泾河汛期高含沙洪水不淤或少淤水库; 确保渭河下游多冲少淤; 确保冲刷降低潼关高程。

从泾河的水沙特性——具有极大的挟沙力且可作为冲刷河道的动力这一角度出发, 东庄水库运用的基本思路应为“蓄水用浑”或曰“四蓄八用”。四蓄指: 蓄淤积渭河下游的“小水大沙”; 蓄汛期低含沙(含沙量< 200 kg/m³)洪水; 蓄非汛期低含沙清水; 滞蓄泾河各种频率的大洪水。八用指: 低含沙洪水用作灌溉; 高含沙洪水淤沟、淤滩; 冲刷渭河河槽; 冲刷降低潼关高程; 冲刷渭河口拦门沙; 与小浪底水库联合运用; 下泄渭河下游生态用水; 防洪、减淤, 并与三门峡水库滞蓄洪水, 提高小浪底水库防洪标准, 达到黄河遭遇千年一遇洪水时不使用北金堤滞洪区。

3.1.3 利用泾河、渭河水沙特性及冲淤规律, 实施调水调沙运行 根据渭河下游的冲淤规律, 当泾河汛期日平均洪水流量小于750 m³/s时, 渭河下游主河槽发生淤积。因此, 在洪水期根据泾河来流量的大小, 在库内通过一定时间的滞蓄, 使泾河泄量大于750 m³/s, 以达到渭河中水刷槽而不淤。当泾河洪峰流量大于1500 m³/s时, 东庄水库则控制下泄流量, 以避免渭河大水大沙淤滩, 并将下泄流量控制在中水刷槽的范围内。东庄水库下泄洪水时, 尽可能延长涨峰时间, 缩短落峰时间, 充分利用涨冲落淤规律冲沙减淤。在调水调沙运行中, 要充分利用泾河高含沙浑水落淤速度较慢的特点, 依据冲渭降潼的需要, 以

及黄河北干流的水沙情况, 适时、适量下泄人造洪峰, 达到 $Q_{\text{华县}} > 1/4 Q_{\text{龙门}}$, 提高冲刷降低潼关高程的历时和效果。

3.2 改变三门峡水库运行方式

三门峡枢纽经过两次改建后, 坝前水位为315 m时总泄量仅为9620 m³/s, 相当于2年一遇洪水。小浪底水库建成后, 三门峡水库担负的主要任务应转变为低水位发电较妥。另一方面, 小浪底水库的建成亦为三门峡水库改变运行方式提供了难得的机遇。因此, 可以按照“大河之治始于河口”的治水理念, 改变三门峡水库的运行方式, 降低渭河河口(潼关)高程, 使渭河上游的泥沙得以畅泄, 达到溯源冲刷的效果。

3.2.1 改变运行方式的原则与建议 在确保三门峡水库能够正常发电运行、且能降低潼关高程不淹没渭河下游的前提下, 建议增加三门峡水库的泄流能力, 电站正常高水位按310 m确定。

3.2.2 枢纽泄洪标准与泄洪流量 根据《水利水电工程水库淹没处理设计规范》的规定, 建议将潼关站20年一遇洪峰流量18800 m³/s作为水库淹没的设计洪水标准。同前两次改建一样, 采用坝前洪水位为315 m。坝前限制水位(泄洪时的起调水位)为305 m, 相应库容为0.35 亿m³; 坝前水位为315 m时, 相应库容为3.2 亿m³; 水位为305~315 m时的调洪库容为2.85 亿m³。经过初步调洪计算, 坝前水位315 m的泄洪规模由目前的9620 m³/s增大为15000 m³/s, 约需增加流量5400 m³/s。建议左岸再增建2条流量为2700 m³/s的泄洪洞, 以满足淹没设计标准的要求。

3.2.3 改变运行方式后的坝前水位与电站规模 三门峡水库改变运行方式后, 非汛期坝前限制水位可采用310 m。汛期分为2个阶段: 一是敞泄冲淤阶段, 汛期空库敞泄冲沙运行; 二是正常运行阶段, 坝前汛期限制水位为305 m, 当上游预报潼关入库洪峰流量大于2000 m³/s时, 空库敞泄冲沙, 峰后关门发电。三门峡水库改变运行方式后, 相当于坝前限制(正常高)水位为310 m、设计水头25 m、装机容量为35万kW的日调节水电站, 年发电量约为14亿kW·h。

3.3 实施区域综合治理, 加强下游防洪体系建设

渭河的最大支流泾河是渭河下游泥沙的主要来源地, 该地区也是黄河流域三大暴雨中心区和三大多沙、粗沙来源区之一, 其水沙条件对渭河下游的淤积有着至关重要的影响。

从渭河下游目前的防洪情况看,渭河下游堤防标准低,防洪工程措施单一,堤防建设速度滞后于河道淤积速度。渭河大堤始建于20世纪六七十年代,堤身隐患众多,加之河道淤积严重,虽经多次续建和加高加固,但堤防建设始终落后于河道淤积的发展。目前,渭河大堤实际防洪能力约为12年一遇标准,现状防洪工程措施只有防洪堤,缺少控制性工程,防洪局面被动,防洪压力极大。与此同时,南山支流面临严峻的问题,随着渭河河床的淤高,南山支流经常遭受渭河高含沙洪水的倒灌影响,使各支流下游河床不断抬升,河口段淤塞,洪水下泄不畅,临背差不断加大而发展,成为悬河。南山支流洪水多为夏季暴

雨性洪水,雨量集中,流程短,落差大,汇流快,呈暴涨暴落特点。加之南山支流二华夹槽地区呈南高、北仰、中间低洼的态势,南山支流防洪压力很大,几乎年年决口成灾,严重影响该区域人民的生命财产安全和社会经济发展。渭河“03”洪水引起严重后果的主要原因就是渭河倒灌、南山支流堤防决口所致。

基于上述分析,从长远发展考虑,为了控制泥沙来源,不仅要在渭河上游大力加强泥沙来源地的水土保持工作,植树造林,减少水土流失,而且要加强下游的堤防等防洪工程建设,完善防洪体系,实施区域综合治理。

[参考文献]

- [1] 周建军,林秉南.从历史看潼关高程变化等四篇[J].水力发电学报,2003,82(3):40-67.
- [2] 曹如轩.三门峡水库淤积上延机理的研究[C]//三门峡水库管理局.三门峡水利枢纽工程运用四十周年论文集.郑州:黄河水利出版社,2001:200-207.
- [3] 张根广,林劲松,王新宏.遏制潼关高程抬升及渭河下游淤积发展之对策[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2004,32(10):135-139.
- [4] 张翠萍.潼关河段冲淤演变规律[C]//三门峡水库管理局.三门峡水利枢纽工程四十周年论文集.郑州:黄河水利出版社,2001:184-189.
- [5] 牛占.潼关断面高含沙量河道异重流现象[J].水文,1982(1):33-36.
- [6] 倪晋仁.不同边界条件下河型成因的试验研究[D].北京:清华大学,1989.
- [7] 余光夏,郭立新.东庄水库泥沙初步研究[J].西北水电,1996(1):40-46.
- [8] 余光夏.余光夏论东庄水库文选第二卷[M].郑州:黄河水利出版社,2005.

Scouring and aggradation rule of Wei River and Jing River and harnessing countermeasure of downstream reach of Wei River

WANG Jian-jie¹, TIAN Jing², YANG Xi-lin¹, LI Meng-lai²

(1 Shaanxi Water Resources and Electric Power Design Institute, Xi'an, Shaanxi 710000, China;

2 Ministry of Water Resources of Shaanxi, Xi'an, Shaanxi 710000, China)

Abstract With brief discourse upon characteristic of heavy concentration sediment flood of Jing River and Wei River, upon scouring and aggradations rule of Wei River downstream and Tong Guan altitude, the viewpoint that causation of Tongguan altitude raising and Wei River downstream became aboveground river is high water level running mode of operation and flood discharge capability lowness of Sanmenxia reservoir and heavy concentration sediment in Wei River is pointed out. The countermeasure to solve upwards problems is to construct Dongzhuang reservoir, to change mode of operation of Sanmenxia reservoir, to execute region integrative harnessing.

Key words Wei River; Jing River; characteristic of water and sediment; scouring and aggradation rule; Sanmenxia reservoir; mode of operation of reservoir; harnessing countermeasure of downstream reach of Wei River; Tongguan altitude