

遏制潼关高程抬升及渭河下游淤积发展之对策^{*}

张根广^{1,2}, 林劲松¹, 王新宏³

(1 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100;

2 西安交通大学 能源与动力工程学院, 陕西 西安, 710049;

3 西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048)

[摘 要] 对潼关断面与渭河下游特殊地理位置及潼关断面高程抬升与渭河下游淤积发展的关系进行分析后认为, 潼关断面高程的上升是导致渭河下游淤积发展及萎缩的内在根源, 解决潼关高程上升问题是解决渭河下游泥沙淤积发展的前提和条件; 并从历年潼关站 $1\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$ 流量的水位变化情况和控制运用期的汛期冲刷实测资料, 以及 2003 年非汛期的原型试验和汛期的畅泄排沙试验实测资料, 论证分析了降低潼关高程的可行性; 进一步分析论述了治理和解决潼关断面抬升问题的方法和措施, 其中包括加强潼关上游水土保持措施和泥沙拦蓄工程, 降低汛期和非汛期水库运用水位, 对潼关以下河段裁弯整治并辅以机械挖淤与疏浚等措施。

[关键词] 潼关高程抬升; 渭河下游淤积; 三门峡水库; 冲淤变化

[中图分类号] TV 697. 1; TV 85

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2004)10-0135-05

在三门峡水库修建前, 渭河是一条冲淤平衡的地下河, 洪水灾害并不严重^[1]。三门峡水库建成后, 导致渭河下游泥沙大量淤积, 截止 2000-11, 渭河下游泥沙淤积总量已达 $13\ 319\ 9\ \text{亿}\ \text{m}^3$, 淤积范围仍有逐年向上游发展的趋势^[2]。尤其是 1985 年以后, 潼关高程平稳抬升, 渭河下游淤积加剧, 河道严重萎缩, 渭河已由建库前冲淤平衡的地下河逐渐沦为现在的“悬河”(河堤最大临背差达 $4\ 4\ \text{m}$); 河道的过洪能力大大降低, 由此造成渭河下游同流量的常水位和洪水位普遍抬高, 最终酿成 2003 年渭河下游历史上最大的洪水灾害。因此, 潼关断面上升及渭河下游淤积萎缩问题再次引起学术界的关注。本研究拟根据潼关断面与渭河下游的特殊地理关系及潼关断面高程抬升与渭河下游淤积发展的关系, 分析和研究降低潼关高程的可行性及相关措施, 为遏制潼关高程抬升和渭河下游淤积发展提供理论依据。

1 潼关断面上升与渭河下游泥沙淤积的关系

1.1 潼关断面与渭河下游的地理位置关系

潼关位于黄河、渭河、洛河三河汇流区的出口, 是黄河在晋、陕交界处自北向南流动而后东折的扼

制点, 因此, 潼关河床高程实际上是黄河、渭河及洛河三条河流的侵蚀基准点, 潼关高程的变化对黄河小北干流、渭河下游及洛河下游的河床冲淤变化起着至关重要的作用。在三门峡水库建库后, 潼关断面不仅是黄河、渭河、洛河三河汇流区的出口, 同时又是三门峡水库正常运用水位的回水末端。据文献[1, 2]分析, 潼关断面的上升导致了渭河下游大量的泥沙淤积, 并使渭河下游比降减缓, 主槽过洪能力降低。因此, 潼关断面上升是渭河下游泥沙淤积发展及萎缩的内在根源, 解决潼关高程抬升问题是解决渭河下游泥沙淤积的前提条件。

1.2 潼关断面上升与渭河下游淤积发展的现状

潼关高程上升与黄河北干流及渭河下游淤积发展正处于一个不良的循环状态。一方面, 潼关高程上升使黄河北干流及渭河下游产生大量泥沙淤积, 使黄河干流和渭河比降减小, 河槽挟沙能力大幅度降低, 从而失去对潼关高程的冲刷能力, 进一步加剧了潼关河床高程抬升; 另一方面, 近些年来黄河和渭河来水量大幅度减少, 使渭河下游在大量泥沙淤积的基础上急剧萎缩, 这同样使黄河干流和渭河河槽挟沙能力大幅度降低, 使潼关高程的冲刷下降失去了源动力, 导致黄河北干流和渭河下游泥沙淤积更趋

^{*} [收稿日期] 2003-12-24

[基金项目] 国家自然科学基金委员会与水利部黄河水利委员会共同设立的“黄河研究联合基金”项目“潼关高程控制与三门峡水库运用方式研究”

[作者简介] 张根广(1964-), 男, 山西夏县人, 高级工程师, 在读博士, 主要从事流体力学、水力学及河流动力学研究。

恶化。因此,就目前的情况而言,黄河北干流及渭河下游的泥沙淤积与潼关高程抬升已进入了恶性循环状态,而其主要原因和影响因素^[1~3]就是三门峡水库的运行方式和黄河、渭河水沙条件的变化。要打破这个不良循环状态,并使其向着良性循环的方向发展,方法之一就是加大黄河和渭河的水量,方法之二就是改变水库的运行方式。显然,前者不是人为能简单控制的因素,并且随着西部大开发战略的实施,以及人类活动的加强,黄河和渭河的天然来水量将会继续减小,这也是不可逆转的趋势和不可否认的客观事实。为此,在未来一段时间内,若黄河和渭河的来水量继续减少,改变水库运行方式应是解决渭河下游泥沙淤积发展的重要途径和前提条件。

1.3 降低潼关高程是保证渭河主槽恢复行洪能力的前提条件

在三门峡建库前,渭河下游的主槽过洪能力一般为 $4\,500 \sim 5\,000 \text{ m}^3/\text{s}$;在三门峡建库后,随着潼关高程的抬高及渭河下游泥沙淤积的不断发展,其主槽过洪能力不断衰减,曾一度减小到 $800 \text{ m}^3/\text{s}$ ^[4]。但是,在三门峡水库控制运用期间,渭河下游的主槽过洪能力曾经一度恢复到接近建库前的水平^[4],这说明潼关高程在保持一定高度的情况下,在有利的水沙年份,渭河利用其巨大的高含沙输沙能力还可以恢复其曾有的主槽行洪能力,并对渭河下游及潼关高程形成一定的冲刷,在一定时期内维持渭河下游及潼关高程的动态平衡。

从图 1 点绘的渭河下游主槽过洪能力与潼关高程的关系^[2]来看,渭河主槽的过洪能力与潼关高程具有较好的线性关系。可以预测,在有利的水沙年份,要使渭河下游主槽恢复一定的过洪能力,潼关高程降低到 326.0 m 左右应是解决渭河下游淤积萎缩的重要条件。

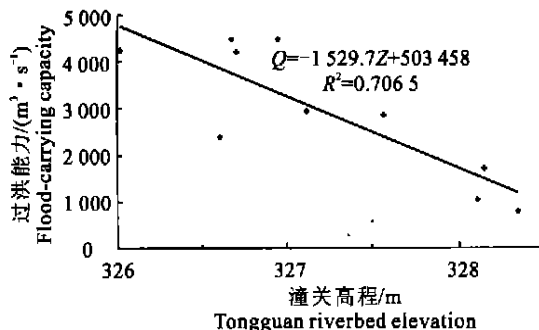


图 1 华县主槽过洪能力与潼关高程的变化关系

Fig. 1 The relationship between flood-carrying capacity in the main channel at Huaxian station and Tongguan riverbed elevation

2 解决潼关断面上升问题的可行性

潼关断面河床演变规律是:汛期冲刷下降,非汛期回淤;洪水期冲刷下降,平水期回淤。因此在汛期和非汛期,只要三门峡水库运用水位严格按“四省会议”^[5]所制定的“排沙减淤、径流发电”的原则执行,使汛期运用水位控制在 300 m 以下,非汛期运用水位控制在 310 m 以下,使汛期溯源冲刷与沿程冲刷充分发展,则潼关高程将可能冲刷下降。

从 1973~1999 年控制运用期的汛期冲刷情况(表 1)^[6,7]来看,在一般年份,只要三门峡水库降低坝前运行水位,即可使潼关以下库区引起较强烈的溯源冲刷和沿程冲刷,从而使汛期潼关高程得到一定程度的降低。而近些年来,潼关高程之所以没有冲刷下降,而处于逐年平稳抬升状态,主要是因为非汛期泥沙淤积使潼关高程抬升较大,而汛期潼关高程又得不到冲刷下降所致。因此,在目前的水沙条件下,只要合理调整和完善水库运用方式,使非汛期潼关断面减少淤积,汛期增大冲刷时机和时间,就能使潼关高程在全年内冲刷下降。

由历年潼关站 $1\,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 流量的水位变化情况可知^[8],在三门峡水库改建后,潼关高程曾有 2 次下降。一次是汛前潼关站 $1\,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 流量的水位在 1974~1979 年的 6 年内均连续保持在 327.31 m 以下,其中 1977 年汛前水位曾降至 326.32 m ^[8];另一次是在 1982~1987 年的连续 6 年内,潼关水位均降至 327.43 m 以下^[8]。据统计资料^[9]分析,在这些年份,非汛期都曾防凌和春灌蓄水任务,运用水位较高,但由于非汛期潼关以下库区的泥沙淤积能够在汛期被冲刷出库,所以年内泥沙接近平衡,没有累计性淤积。

在 1962-04,水库运用方式改为滞洪排沙方式,当年库区就发生了强烈的溯源冲刷,并在当年汛期及 1963 年汛期均发生了沿程冲刷^[10];在 1964 年汛后,坝前水位急剧下降,由 322 m 降落到 309 m ,由此引起库区强烈的溯源冲刷,截止 1965-01-08,潼关以下共冲刷 3.74 亿 t 泥沙,冲刷长度达 94 km 。在溯源冲刷的基础上,于 1964-12 以后发生了较长时间的沿程冲刷,直至 1965-05,潼关以下均发生了较大强度的冲刷,且冲刷的厚度比较均匀。

在 1969~1973 年二期改建期间,水库敞泄运用,基准面降低,库区有较大比降,库区发生自上而下的沿程冲刷和自下而上的溯源冲刷^[10],这 2 种冲刷直到 1973-08 才互相衔接,使潼关站常水位下降

1.8 m。

表 1 潼关断面汛期水沙条件和河床升降值

Table 1 Incoming flow discharge and sediment concentration and changes of
Tongguan cross-section riverbed in flood period

年份 Years	流量/ (m ³ ·s ⁻¹) Flow discharge Q	含沙量/ (kg·s ⁻¹) Sediment concentration S	比降/‰ Slope J	淤积厚度/m Deposit thickness ΔZ	年份 Years	流量/ (m ³ ·s ⁻¹) Flow discharge Q	含沙量/ (kg·s ⁻¹) Sediment concentration S	比降/‰ Slope J	淤积厚度/m Deposit thickness ΔZ
1974	1 150	45.2	0.273	-0.49	1987	710	27	0.194	-0.14
1975	2 840	34.1	0.249	-1.09	1988	1 760	66.8	0.206	-0.55
1976	3 010	26.4	0.221	-0.45	1989	1 930	32.1	0.193	-0.26
1977	1 570	124	0.235	-0.58	1990	1 310	39.4	0.193	-0.18
1978	2 100	55.5	0.227	-0.21	1991	576	32.5	0.193	-0.12
1979	2 040	44.2	0.216	-0.14	1992	1 230	61.5	0.19	-0.87
1980	1 260	34.8	0.204	-0.44	1993	1 310	29.2	0.212	-0.09
1981	3 190	31.1	0.206	-0.68	1994	1 250	77.3	0.212	-0.23
1982	1 730	23.6	0.218	-0.29	1995	1 070	59.6	0.235	0.06
1983	2 950	18.7	0.192	-0.82	1996	1 200	75.3	0.203	-0.35
1984	2 650	24.9	0.19	-0.44	1997	522	74	0.218	-0.33
1985	2 190	29.5	0.197	-0.33	1998	808	51	0.219	-0.05
1986	1 260	15.4	0.205	0.1	1999	896	42.8	0.191	-0.23

在 1974-09~ 10, 三门峡库区发生了一次沿程冲刷, 冲刷的日平均流量为 1 000 m³/s, 最大流量为 3 220 m³/s, 潼关至黄淤 12 断面的平均水面比降为 0.22‰。潼关、古夺、太安和北村各断面分别冲刷了 0.46、0.15、0.26 和 0.04 m。

三门峡水库 2003 年非汛期的原型试验^[11]和汛期的畅泄排沙试验^[11]表明, 调整三门峡水库运行方式能有效降低潼关高程。2003 年非汛期, 三门峡水库按 318 m 水位控制运用, 尽管非汛期平均运用水位已达到 315.59 m, 潼关以下库区泥沙淤积了 0.840 1 亿 m³, 与 20 世纪 90 年代以来各年同期淤积量接近, 但首次实现了非汛期潼关高程不抬高。2003 年汛期渭河洪水期间, 三门峡水库 3 次畅泄排沙, 至 09-15, 潼关高程在汛前的基础上下降了 0.4 m。

3 解决潼关断面上升的方法和措施

在今后的一段时期内, 渭河和黄河汛期来水量可能还会减少, 超过 3 000 m³/s 流量的频率还会降低^[12], 三门峡水库水量的综合利用与排沙问题的矛盾可能更加尖锐, 使库区排沙处于更为不利的局面, 因此必须从多方面多途径考虑和处理潼关上游泥沙问题, 从而解决潼关高程抬升及渭河下游泥沙淤积发展的问题。

3.1 加强潼关上游水保措施和泥沙拦蓄工程是治本之策

从解决潼关高程抬升问题及渭河下游淤积萎缩

问题的方法和措施来看, 加强潼关上游水保措施无疑是治本之策, 但水土保持措施不可能在很短的时间内发挥有效作用, 因此在黄河干支流上修建一些拦沙放淤工程不失为解决潼关高程上升的一个有效措施。

1) 实测资料^[9]分析表明, 导致黄河小北干流和潼关高程淤积抬升的泥沙主要是来自支流内的粗沙。因此, 若能将淤积在小北干流和潼关断面的这部分粗沙直接拦截在支流流域内, 即可大大减少小北干流和潼关断面的泥沙淤积量。

2) 在黄河小北干流两侧约有 80 亿 m³ 的滩涂堆沙库容, 因此, 若在禹门口附近修建低水头枢纽, 两侧分水引沙, 可在未来几十年内较大幅度地缓解潼关高程上升速度。

3) 泾河来水量占渭河的 19.5%, 来沙量却占渭河的 66.5%, 其高含沙大洪水虽对渭河下游及潼关河段有很大的冲刷作用, 但高含沙小洪水对渭河下游的威胁却很大。因此兴建东庄水库, 并采用“四蓄八用”^[9]的方式, 把东庄水库建成库-渠-田间节水系统工程, 把大部分泥沙拦蓄在沟道、田间, 也是一个有效措施。

4) 北洛河高含沙洪水频繁发生, 尤其是在北洛河高含沙洪水遭遇黄河顶托倒灌时, 北洛河泥沙的加入更是雪上加霜。因此, 在北洛河党家湾坝址以下的许多深沟处修建拦泥库或在卤泊滩引水放淤, 将成为保持三门峡水库有效库容及减小下游河道淤积的一个有益之举。

3.2 降低汛期和非汛期水库运用水位是对症之策

据文献^[3]分析, 水库运用方式是潼关高程抬升的主要原因。水库运用方式对潼关高程产生影响的实质是通过抬高水流侵蚀基准面, 降低水流比降和水流冲刷力, 使潼关高程在年内得不到有效的冲刷而使潼关高程保持持续上升状态。因此, 调整和完善水库运用方式, 降低汛期和非汛期水库运用水位应是解决潼关高程的对症之策。并且在将来的一段时间内, 在黄河和渭河总水量继续减少的情况下, 要使潼关高程不再升高或有所降低, 唯一行之有效并可解燃眉之急的首选方案应是降低坝前运用水位。首先, 该措施在较短的时间内即可实施, 这是因为小浪底水库已建成运用, 减免了三门峡水库长期以来肩负的防洪兴利的重任, 为改善三门峡库区的淤积现状提供了有利的条件; 其次, 该措施在技术上是可行的^[1]。

三门峡水库改建后的控制运用实践表明^[13], 在控制运用前期(1973~1985年), 三门峡水库在汛期和非汛期的运行水位虽然都高于“四省协议”的运行水位, 但潼关高程在此时段内并没有上升(1973年汛后为 326.61 m, 1985 年汛后为 326.57 m); 在控制运用后期(1986~2000年), 黄河和渭河来水来沙发生了较大变化, 三门峡水库运用方式没有作相应调整, 而是仍沿用前期的运用方式, 因此使潼关河床高程平稳抬升, 从 1985 年汛后的 326.57 m 上升到 2002 年汛后的 328.80 m; 2003 年非汛期的原型试

验和汛期的畅泄排沙试验^[11]表明, 调整三门峡水库运行方式可有效降低潼关高程。由此看来, 还需要对三门峡水库的控制运用方式进行较大调整和完善, 其关键是增加水库畅泄时间和低水位运行时间。

3.3 潼关以下河段裁弯整治并辅以机械挖淤和疏浚是完善之策

上述 2 个措施对清除潼关以下库区的泥沙淤积和降低潼关高程具有决定性作用, 但要使潼关高程保持在一定的高程并使其上下游河段趋于良性循环, 还必须对潼关上下游河段进行必要的规划和整治。这些措施主要包括修建一些控导护滩工程, 将宽浅散乱的河槽整治为窄深归顺的单一河槽, 大幅度地提高该河段的水流输沙能力, 即采取“束水攻沙”的原理使潼关上下游河段形成自然冲刷; 此外, 为了加大潼关上下游河段的比降, 还必须对一些畸形的河弯进行裁弯取直, 并对局部的河段辅以必要的机械清淤和疏浚, 以有利于潼关河段保持较大的比降和较高的输沙能力, 从根本上解决潼关高程缓慢上升的问题。

综上所述, 上述的几种方法和措施若能依次进行, 先后实施, 对解决潼关高程持续上升是有效的。但由于一些条件的限制, 几种措施不可能同时实施, 因此上述的第 2 个措施, 即“调整和完善三门峡水库运用方式, 降低汛期和非汛期运用水位”不失为一个行之有效并可解燃眉之急的对症之策和首选方案。

[参考文献]

- [1] 张根广. 潼关高程抬升与渭河淤积萎缩成因分析[D]. 西安: 西安理工大学水电学院, 2002
- [2] 张根广, 王新宏, 冯民权, 等. 渭河下游河道淤积发展及其萎缩的原因浅析[J]. 泥沙研究, 2003, (3): 35-38
- [3] 张根广, 王新宏, 赵克玉, 等. 潼关高程抬升成因相关分析[J]. 泥沙研究, 2004, (1): 89-94
- [4] 唐先海, 雷文清. 渭河下游淤积情势及其影响[A]. 陕西省三门峡库区防洪及治理学术研讨会论文集选编[C]. 郑州: 黄河水利出版社, 2000 74-80
- [5] 蒋建军. 陕西省三门峡库区基本情况汇报[A]. 陕西省三门峡库区防洪及治理学术研讨会论文集选编[C]. 郑州: 黄河水利出版社, 2000 3-9
- [6] 赵克玉. 三门峡水库运用方式对潼关高程的影响[J]. 西北水资源与水工程, 2001, (1): 32-36
- [7] 焦恩泽, 侯素珍, 林秀芝, 等. 潼关高程演变规律及其成因分析[J]. 泥沙研究, 2001, (2): 8-11
- [8] 曾庆华, 周文浩, 陈建国, 等. 渭河下游河道淤积发展及治理对策的研究[A]. 陕西省三门峡库区防洪及治理学术研讨会论文集选编[C]. 郑州: 黄河水利出版社, 2000 23-45
- [9] 焦恩泽, 侯素珍, 林秀芝, 等. 潼关高程演变规律及其成因分析[A]. 三门峡水库水利枢纽运用四十周年论文集[C]. 郑州: 黄河水利出版社, 2001 162-173
- [10] 焦恩泽. 潼关河床高程演变规律研究[J]. 泥沙研究, 1996, (3): 25-29
- [11] 冯普林, 杨武学, 石长伟, 等. 影响潼关高程的因素及合理潼关高程的确定——潼关高程控制及三门峡水库运用方式研究[R]. 西安: 陕西省水利厅, 2003
- [12] 赵业安, 温善章. 21 世纪渭河下游防洪形势及对策[A]. 陕西省三门峡库区防洪及治理学术研讨会论文集选编[C]. 郑州: 黄河水利出版社, 2000 46-53

- [13] 唐先海 三门峡水库对陕西库区的影响及其治理对策[A] 三门峡水库水利枢纽运用四十周年论文集[C] 郑州: 黄河水利出版社, 2001. 394- 410

Countemeasures to control the rising of Tongguan riverbed and the sediment aggradations in lower reaches of Weihe River

ZHANG Gen-guang^{1,2}, LIN Jin-song¹, WANG Xin-hong³

(1 College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 School of Energy and Dynamic Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, Shaanxi 710048, China;

3 Institute of Water Resources and Hydroelectric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China)

Abstract: The rising of Tongguan riverbed is the inherent cause of sediment aggradations and channel shrinkage of lower Weihe River, so to make Tongguan riverbed lowering is the precondition to control channel shrinkage of lower Weihe River. It is demonstrated that it is feasible to make Tongguan riverbed lowering by Sanmenxia reservoir operational practice and observed data, such as changes in water level at Tongguan station with discharge of $1\,000\text{ m}^3/\text{s}$, observed data of riverbed flushing at Tongguan station in flood-period operation in Sanmenxia reservoir control operation, and observed data in flood period and non-flood period operation in 2003. There are many methods and measures to make Tongguan riverbed lowering, such as trapping coarse sediment on the upstream tributary river of Tongguan, diverting muddy flow and making sediment settle down on the outside of embankment, adjusting operation mode of Sanmenxia reservoir, dredging up and enhancing effectiveness of the conservation of soil and water. It is an effective and emergent measure and first scheme to adjust and perfect operation mode of Sanmenxia reservoir to make Tongguan riverbed down, that is to say, to lower water level of Sanmenxia reservoir in flood period and non-flood period operation. However, it is radical measure to resolve the problem of the rising of Tongguan riverbed and channel shrinkage of lower Weihe River to enhance the measure of the conservation of soil and water.

Key words: rising of Tongguan riverbed; sediment deposition in lower reaches of Weihe River; Sanmenxia reservoir; flushing and depositing change