

文章编号: 1672-3031 (2004) 01-0019-07

# 潼关高程的稳定降低与渭河下游河道综合治理

胡春宏, 陈建国, 郭庆超

(中国水利水电科学研究院 泥沙研究所, 北京 100044)

**摘要:** 本文采用实测资料分析和泥沙数学模型计算等方法对潼关高程的稳定降低和渭河下游河道的综合治理等重要问题进行了研究, 得到了如下认识: (1) 潼关是三门峡库区的天然卡口和渭河下游河道的侵蚀基准面, 从减少渭河下游淤积、减轻渭河下游洪涝灾害及改善渭河流域生态环境等方面考虑, 降低潼关高程是十分必要的; (2) 通过调整三门峡水库运用水位, 潼关高程是可以降低的, 但不同的来水来沙条件下降低的程度是不同的, 近期目标可确定为下降 1m, 采用多种措施的组合后的中长期目标可确定为下降 2m; (3) 潼关高程降低到相对稳定的状态一般需要 4~8 年, 这与来水来沙条件和三门峡水库运用方式有关; (4) 建议三门峡水库运用水位近期采用汛期敞泄、非汛期控制在 312~318m 范围内的方案, 综合考虑后认为非汛期水位目前控制在 315m 较好; (5) 渭河下游河道的治理应采取包括降低潼关高程、河道整治与疏浚、加高加固堤防和跨流域调水等综合措施。

**关键词:** 潼关高程; 三门峡水库; 渭河下游; 稳定降低; 综合措施

**中图分类号:** TV85

**文献标识码:** A

## 1 潼关高程的变化及其影响

**1.1 潼关高程历史上的变化** 三门峡水库修建前, 黄河潼关河段属于天然河道, 由于缺乏实测资料, 目前对历史上潼关高程的变化存在着 3 种不同的观点: 第一种观点认为潼关高程在历史上就是持续抬升的, 且每年抬升速率是比较大的; 第二种观点认为潼关高程历史上是缓慢上升的, 每年的抬升速率是很小的; 第三种观点认为潼关高程历史上是处于相对稳定的。上述 3 种观点所引用的资料主要有<sup>[1]</sup>: (1) 1966 年潼关铁桥附近的钻探资料; (2) 1929~1960 年实测  $1000\text{m}^3/\text{s}$  流量的潼关水位; (3) 采用小北干流淤积厚度来推断潼关高程。由钻探资料分析得到的从三国时期至 1960 年, 潼关高程年平均淤高 0.006~0.008m, 由小北干流淤积推断潼关高程年平均淤高 0.014~0.027m, 可见用这 2 种方法得到的潼关高程年升高值相差很大, 用小北干流淤积推断的潼关高程误差较大。而采用 1929~1960 年实测资料分析得到的潼关高程年平均淤高 0.035~0.09m, 也有专家分析了 1929~1960 年的实测资料, 认为如扣除其中的 1942~1947 年缺测年份, 潼关高程则处于相对平衡状态<sup>[2]</sup>, 由此可见, 即使是采用同样的资料, 也会得到差别很大的结果。这与各家使用资料时的处理方法有很大的关系, 这也是三门峡水库泥沙淤积问题研究中的一个特点。笔者认为: 从历史上看, 渭河下游是一条不设堤防的地下河, 主河槽过流能力约在  $5000\text{m}^3/\text{s}$  左右, 河道还曾具有通航能力; 此外, 从西安地区河滩上 1m 以下出土的大量秦代文物、华县附近滩地实测淤高 3m、以及将 1929~1960 年的实测资料扣除 1942~1947 年缺测的年份等情况来综合分析, 可以认为历史上潼关高程平均情况是缓慢上升的, 可能在一些时段由于水沙条件的不同会大幅度上升或下降, 但长时段总的趋势是缓慢上升, 不太可能在历史上累积抬升了几十米。

**1.2 三门峡水库修建后不同时期潼关高程的变化** 三门峡水库修建后, 潼关高程经历了急剧上升—

收稿日期: 2004-02-08

基金项目: 国家重点基础研究规划 (973) 项目 (G1999043604); 水利部水利基建前期项目; 中国水利水电科学研究院研专项

作者简介: 胡春宏 (1962-), 男, 浙江慈溪人, 博士, 教授级高级工程师, 主要研究方向为泥沙运动力学、河床演变与河道整治、水库泥沙、河口海岸泥沙等。

E-mail: huch@iwhr.com

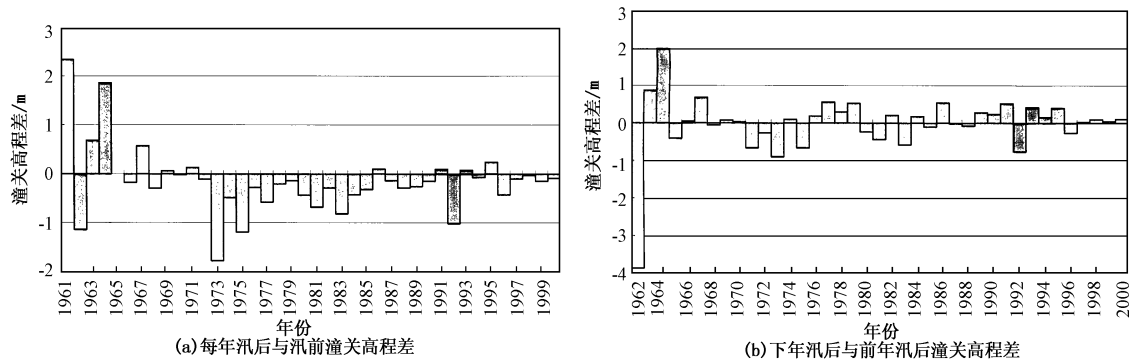


图1 潼关高程差变化过程

下降-基本稳定-逐步抬升4个阶段<sup>[1-4]</sup>，图1(a)和(b)为年内潼关高程差的变化过程，由图可见：(1) 1960年9月~1969年汛末水库高水位运行，潼关高程迅速抬高了5.25m，1969年汛末~1973年汛末水库低水位运行，潼关高程下降了2.01m，1973年汛末~1985年汛末水库采取蓄清排浑运用，潼关高程基本处于相对稳定，1985年汛末至今，持续来水偏枯，潼关高程缓慢持续抬升，至2002年汛末，潼关高程上升到328.78m，说明水库运行水位和来水来沙对潼关高程有着重要的影响；(2) 每年汛后与汛前潼关高程差有许多年份是负值，表明潼关高程的变化在年内基本上是汛期冲刷下降，一些汛期甚至可以冲刷下降1.8m，非汛期则淤积抬升。下年汛后与前一年汛后潼关高程差则有升有降，表明控制三门峡水库非汛期水位至关重要，它对潼关高程升降有重要影响；(3) 2002年汛后，三门峡水库运用方式非汛期最高水位控制在318.00m，从2002年10月24日~2003年6月30日，坝前平均水位315.59m，2003年汛期水库基本是敞泄和低水位运行，加之2003年秋汛渭河6次洪峰，潼关高程在2003年10月19日较汛前下降了0.88m，汛后又有所回升。

1.3 潼关高程下降的作用 潼关位于黄河与渭河交汇口以下约5000m处，是黄渭汇合后水流进入三门峡库区的天然卡口。潼关高程的变化直接影响渭河下游河道的冲淤，是渭河下游河道的侵蚀基准面。

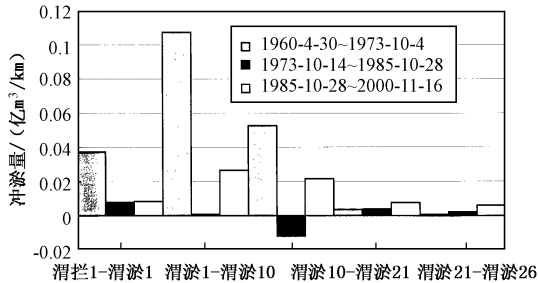


图2 渭河下游各河段单位长度冲淤量

三门峡水库运用以来，1960年6月~2000年10月库区共淤积泥沙67.3亿m<sup>3</sup>，其中潼关以上淤积37.9亿m<sup>3</sup>，潼关以下淤积29.4亿m<sup>3</sup>，到2002年汛后，潼关高程上升到了328.78m，比建库前抬升了5.38m。由于作为侵蚀基准面的潼关高程的抬高，导致渭河下游河道严重淤积。1960~2000年渭河下游河道总淤积量达13.3亿m<sup>3</sup>，图2为不同时段渭河下游不同河段的单位长度冲淤量，表明随着潼关高程的上升，渭河下游的淤积强度在不

断向上发展，影响较为显著的范围已超过渭淤26断面（临潼），使河道淤积萎缩、过洪能力减小<sup>[5]</sup>，渭河下游河道已成为“地上悬河”，临背差达2~4m，防洪形势十分严峻。华县站河道断面过洪能力由建库前的4500~5000m<sup>3</sup>/s减少到1999年的约1500m<sup>3</sup>/s，2003年渭河洪水出现的洪峰流量不大，但水位高、持续时间长、演进速度慢，形成了大灾害的局面就是渭河下游河道严重淤积的必然结果。泥沙淤积还使流域内生态环境不断恶化，沿河居民生活水平得不到提高，给渭河下游地区关中平原的经济发展带来严重的不利影响。

实测资料分析表明，渭河下游河道的累计淤积量及华县站水位都与潼关高程有较好的相关关系，如图3和图4所示，由图可见：潼关高程抬高，渭河下游的累计淤积量就增大、华县的水位就升高。因此，从减少渭河下游淤积、降低洪水位，减轻洪涝灾害，以及改善流域生态环境出发，降低潼关高程是十分必要的。

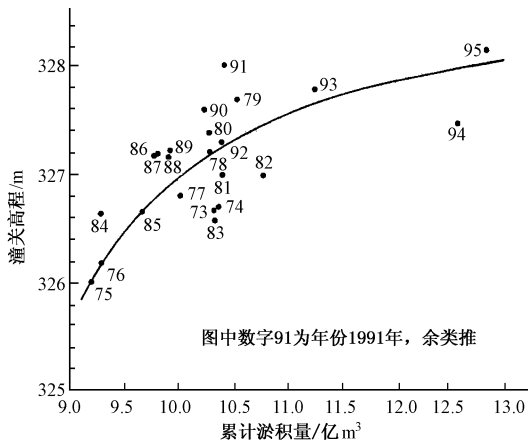


图3 渭河下游累计淤积量与潼关高程的关系

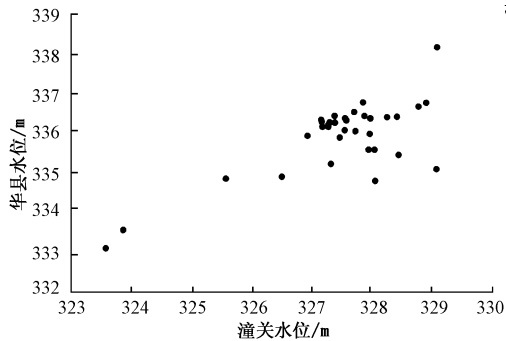


图4 华县水位与潼关水位的关系

**1.4 2003 年渭河下游的洪水情况** 2003 年 8 月 24 日开始的历时 2 个半月的渭河下游洪水，虽然洪峰不大，仅为几年一遇的洪水，但洪量大、洪水持续时间长，造成渭河干流大堤决口 1 处（尤孟堤），3 条南山支流决口 10 处，其中方山河 5 处、罗纹河 4 处、石堤河 1 处。水灾损失是渭河流域有史以来最大的，洪水共造成渭河下游两岸咸阳、西安、渭南 3 市 6 个县 46 个乡镇被淹，受灾人口达 49 万，迁移人口 29.22 万，农作物受灾面积 53.68 万公顷，倒塌房屋 5.76 万间，22 条公路中断，损毁公路 512km，输电线路 1388km，通讯线路 951km，20 个乡镇卫生院被淹，182 所学校的 4.9 万名学生无法入学上课，直接经济损失约 29 亿元。

2003 年 6~ 10 月份，咸阳站来水量为 39.39 亿 m<sup>3</sup>，来沙量 0.91 亿 t；临潼站来水量为 70.93 亿 m<sup>3</sup>，来沙量为 2.94 亿 t；华县站来水量为 75.25 亿 m<sup>3</sup>，来沙量为 2.98 亿 t。

2003 年汛前潼关高程为 328.78m，7 月 25 日潼关高程曾达 329.10m，8 月下旬洪水前潼关高程为 328.79m，渭河 6 号洪峰后，10 月 19 日潼关高程为 327.94m，较洪水前降低了 0.85m。

2003 年洪水后，渭河下游河道较汛前发生了较大的变化，滩面普遍发生淤积，淤积厚度一般在 0.4m 左右，最大淤积厚度为杨家断面处（渭淤 16（二））的 1.5m；主槽发生冲刷，河槽一般较汛前展宽 50~ 100m，局部河段展宽了 100~ 200m，河道深泓点普遍较汛前下降 0.5~ 1m，局部河段深达 2m 以上，图 5 为洪水前后华县站实测断面比较，说明洪水的刷槽淤滩特性。2003 年渭河下游（渭淤 37 渭拦 4）共冲刷泥沙 0.1693 亿 m<sup>3</sup>，断面变化表现为冲槽淤滩；沿程变化表现为两头冲、中间淤，如图 6 所示。

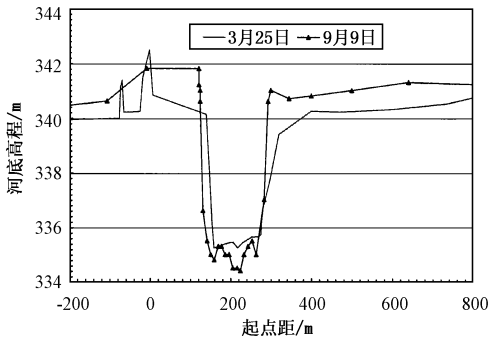


图5 2003 年华县站实测大断面冲淤变化

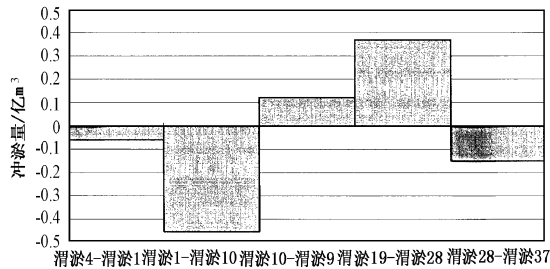


图6 2003 年渭河下游河道冲淤量沿程变化

2 降低潼关高程的预期目标与措施

**2.1 预期目标** 如前所述，通过调整三门峡水库的运用水位是可以降低潼关高程的，为此，笔者采用泥沙数学模型对这一问题进行了研究。图 7 为三门峡水库运用方式调整后 3 种方案（一种是全年敞泄运用，另两种分别是汛期敞泄、非汛期控制 318m 与 315m 运用）潼关高程变化过程的泥沙数学模

型计算结果, 由图可见: 在偏枯的 1987~ 2001 年共 14 年水沙系列条件下, 14 年末 3 种不同的三门峡水库运用方式时, 潼关高程可降低 0. 77~ 1. 09m (与计算起始地形 2001 年汛后潼关高程 328. 23m 比), 而采用 1978~ 1996 年组合的偏丰的 14 年水沙系列, 14 年末 3 种不同的三门峡水库运用方式时潼关高程可降低 1. 37~ 1. 64m。因此, 通过调整三门峡水库的运用方式, 在目前偏枯的水沙条件下近期使潼关高程下降 1m 是可能的。

各种措施对进一步降低潼关高程作用的研究表明<sup>[4]</sup>, 通过采用跨流域调水增加水量、水土保持或修建水利枢纽减少来沙、修建水利枢纽形成人造洪峰以及疏浚等措施都可在改变三门峡水库运用方式降低潼关高程的基础上, 分别进一步降低潼关高程 0. 05~ 0. 48m。采用这些措施的组合后, 潼关高程下降 2m 是可能的。当然, 这些措施的实施需要较长的时间, 因此, 可以将潼关高程下降 2m 作为中长期目标。

2. 2 调整三门峡水库运用水位对降低潼关高程的作用 大量研究表明<sup>[1, 4, 6]</sup>, 改变三门峡水库的运用方式, 可使潼关高程下降。对此许多专家提出了不同的调整三门峡水库运用水位的方案, 主要有如下三种: 一是三门峡水库全年敞泄运用; 二是三门峡水库汛期敞泄非汛期控制水位运用, 其中包括非汛期控制水位 310m、315m、316m、318m 等, 310m 为 1969 年 4 省会议确定的; 三是三门峡水库汛期平水发电、洪水敞泄, 非汛期控制水位 318m、320m、322m、324m 等, 此外还有上述 3 种方案之间的组合。如果仅从降低潼关高程的角度出发, 三门峡水库的运用方式采用全年敞泄最为有利, 但其对库区和枢纽造成的社会、经济、生态环境等的影响也最大。因此, 寻找到一个相对的平衡点, 既对降低潼关高程有明显作用, 又对库区和枢纽的社会、经济、生态环境影响较小的三门峡水库运用方式是非常必要的。

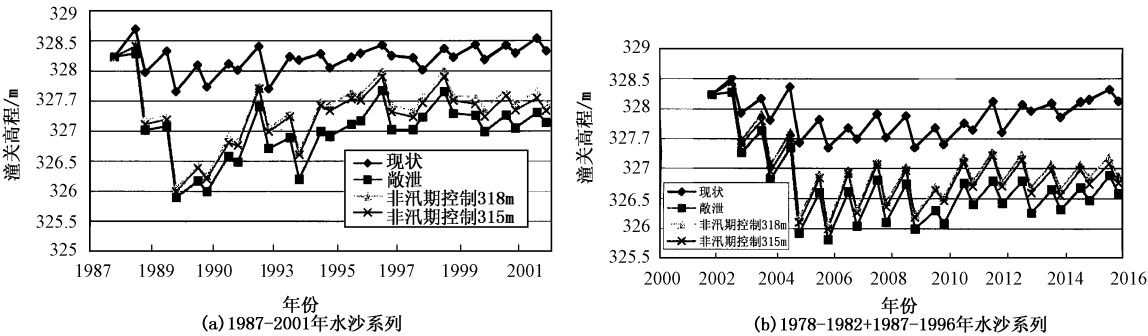


图 7 不同水沙系列时潼关高程的变化

采用泥沙数学模型对 1974~ 1999 年 25 年水沙系列条件下三门峡水库全年敞泄与汛期敞泄、非汛期不同控制运用的潼关高程差的计算结果表明<sup>[4]</sup>: 不论是 25 年末潼关高程差, 还是平均潼关高程差, 当非汛期运用控制水位在 315m 以上时, 随控制水位的上升, 全年敞泄运用与非汛期控制水位运用之间潼关高程差愈来愈大, 特别是控制水位在 318m 以上时, 两者差值趋于更大; 而非汛期控制运用水位在 312m 以下时, 两种运用方式潼关高程差较小。

表 1 三门峡水库汛期敞泄、非汛期不同控制运用水位对降低潼关高程的影响

| 三门峡水库非汛期<br>控制水位/m | 非汛期控制运用与全年敞泄运用潼关高程差 |        |
|--------------------|---------------------|--------|
|                    | 差值 m                | 差值 m   |
| 309                | 0.185               | 0.0083 |
| 312                | 0.21                | 0.017  |
| 315                | 0.26                | 0.027  |
| 318                | 0.34                | 0.030  |
| 321                | 0.43                |        |

1m, 潼关高程少降低 0. 027m; 当非汛期三门峡运用水位控制在 318~ 321m 范围时, 运用水位每升高 1m, 潼关高程少降低 0. 030m。这也进一步说明, 每米控制水位对降低潼关高程的影响在水位 315m 上下存在明显的差别, 特别是在 318m 以上差别更大, 而在 312m 以下差别很小。

表 1 给出了由计算成果得到的三门峡水库汛期敞泄、非汛期控制运用时, 不同控制运用水位段每米控制水位的差值对降低潼关高程的影响值, 由表可见, 当非汛期三门峡运用水位控制在 312~ 315m 范围时, 运用水位每升高 1m, 潼关高程少降低 0. 017m; 当非汛期三门峡运用水位控制在 315~ 318m 范围时, 运用水位每升高

由以上分析可见，非汛期三门峡运用水位控制在 312~ 318m 范围时，对潼关高程的影响相对较小，选择非汛期控制水位在 318m 为这一范围的上限，考虑到调整过程的渐进性，选择非汛期控制水位在 315m 左右时，三门峡水利枢纽还能继续发电，对库区社会、经济、生态环境影响相对较小。因此，三门峡水库采用汛期敞泄、非汛期控制水位 315m 运用是比较合理和现实的。

此外，据实测资料分析也可得到类似的结果。图 8 (a) 为 1960-2000 年非汛期（11 月 1 日至次年 6 月 30 日）三门峡水库坝前平均水位与同期潼关高程升降的关系，由图可见，在非汛期平均水位约 315m 时，有一明显的拐点，315m 水位以上对潼关高程升降影响较大，315m 水位以下时曲线较平坦、对潼关高程升降影响较小，这与清华大学得到的结果基本一致，由图 8 (a) 还可看出，当坝前水位低于 310m 时，两者几乎没有相关关系，因此，将 1972 年以后非汛期的低于 310m 的水位剔除（这些水位多出现于汛末蓄水的 11 月份和汛前降水的 6 月份），然后点绘非汛期坝前平均水位与同期潼关高程升降的关系如图 8 (b)，可见在 315m 水位时仍存在一个拐点，且两者的相关程度由 0.6984 提高到 0.7638。这些实测资料的分析结果进一步说明非汛期控制水位采用 315m 运用是比较合理的。

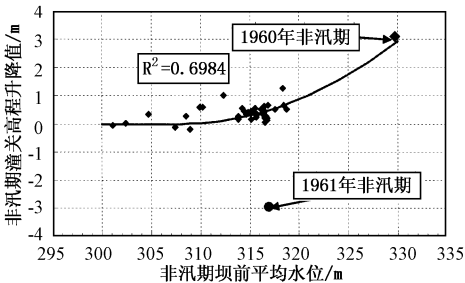


图 8 (a) 非汛期坝前平均水位与同期潼关高程升降关系

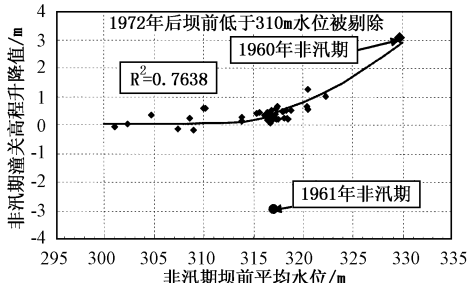


图 8 (b) 非汛期坝前平均水位与同期潼关高程升降关系

需要指出的是，本文提到的非汛期水位可有两层含义，一层是上限水位，另一层是平均水位，如无特殊说明，本文所指非汛期水位为上限水位，平均水位一般较上限水位低。

2.3 采取综合措施可进一步降低潼关高程 调整三门峡水库运行水位是降低潼关高程的重要措施之一，效果十分明显，但降低的程度还与来水来沙过程有密切的关系，在目前的水沙条件下，来水来沙偏枯，对降低潼关高程的作用是有限的，还需要配合其它措施，以期较大幅度地降低潼关高程。笔者曾对其它措施降低潼关高程的作用进行了泥沙数学模型计算<sup>[4]</sup>，这些措施包括：增加水量（跨流域调水）、减少来沙、人造洪峰、改变水沙系列、裁弯、缩窄河宽、疏浚和增加三门峡水库泄量等。研究结果表明：这些措施单独使用都较调整三门峡水库运用水位对降低潼关高程的效果小一些，但不同程度上都能对降低潼关高程有一定作用，特别是增加水量、疏浚和减少来沙等措施的效果更明显，因此，为了达到降低潼关高程的预期目标，特别是中长期目标，应采用包括调整三门峡水库运用水位在内的综合措施。

### 3 关于潼关高程的稳定降低

潼关高程的升降随三门峡水库运用方式和上游来水来沙条件的不同而变化。在三门峡水库运用方式一定时，有利的水沙条件可能使潼关高程有比较急剧的降低，但并不表明潼关高程就稳定降低了，只有在潼关高程降低到了某一高程后，并在一个较长的时段内在其周围稳定地升降，才表明潼关高程是稳定地降低了。

采用泥沙数学模型在 2001 年汛后地形基础上，计算了 1987~ 2001 年偏枯水沙系列条件下 4 种三门峡水库运用方式（现状运用，全年敞泄，汛期敞泄和非汛期控制 318m 水位运用，汛期敞泄和非汛期控制 315m 水位运用）和以 1974~ 1975 年为基础概化的平水系列条件下 4 种三门峡水库运用方式（全年敞泄，汛期敞泄和非汛期控制 318m 水位运用，汛期敞泄和非汛期控制 315m 水位运用，汛期敞泄和非汛期控制 312m 水位运用）潼关高程的变化趋势，如图 9 所示。由图可见，潼关高程在前几年变化较大，在经过约 4~ 8 年之后，无论哪种水沙系列和三门峡水库运用方式，潼关高程都可降低到

稳定状态, 其中全年敞泄运用时约需 4 年, 潼关高程可降低到稳定状态, 非汛期控制 318m 运用时约需 8 年, 非汛期控制 315m 约需 5 年。表明潼关高程降低到稳定状态是需要一定的时间的, 但并不需要很长的时间。

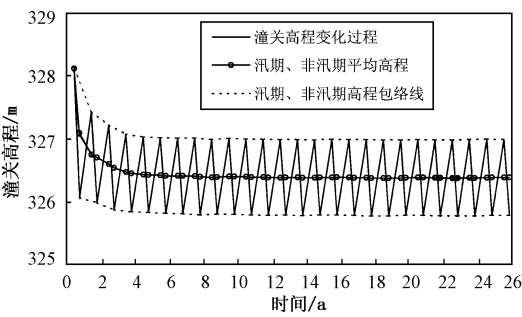


图 9 (a) 概化平水系列全年敞泄时潼关高程的变化

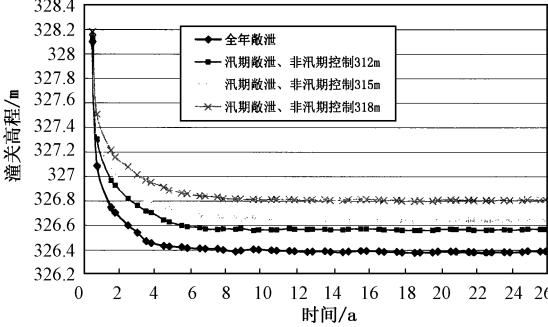


图 9 (b) 概化平水系列三门峡水库不同运用方式时潼关高程的变化

4 渭河下游河道的综合治理

潼关高程作为渭河下游河道的侵蚀基准面, 直接影响着渭河下游的河道演变、河床冲淤和河道防洪, 随着潼关高程的不断升高, 渭河下游河道也由“地下河”变成了“地上悬河”, 并且在日益加剧。目前渭河下游河床已平均高出堤外地面 2~ 4m, 最多的地方已高出地面 4.5m, 使得渭河下游的防洪形势愈来愈严峻。渭河下游堤防的现有防洪标准按 50 年一遇洪水标准设计, 但目前一般只达到 20 年一遇标准, 西安等重要城市附近堤防的防洪标准也不足 50 年一遇, 渭河下游河道堤防有 91.7% 低于设计洪水标准, 特别是十多条南山支流的堤防十分薄弱, 一旦遇上大水, 损失将是巨大的, 2003 年渭河下游的洪水就是典型的实例。因此, 渭河下游的治理是十分必要的, 也是十分迫切的, 降低潼关高程是重要的措施之一, 但潼关高程的稳定降低不是短期可以做到的, 即使潼关高程降下来了, 其对渭河下游的影响范围也是逐步发展的, 要有一个时间过程, 且对华县以上的影响将是十分有限的, 渭河下游的治理应该是采取综合措施, 以期达到长治久安的目标, 目前研究可采纳的综合治理措施如下。

4.1 近期措施 (1) 降低潼关高程; (2) 黄渭洛汇流区河道整治; (3) 渭河下游河道整治; (4) 渭河下游河道疏浚和淤临淤背; (5) 渭河干流大堤加高加固, 提高防洪标准, 特别是南山支流堤距加宽和堤防的加高加固。

4.2 中长期措施 (1) 水土保持减少入渭泥沙; (2) 跨流域调水入渭, 提高渭河下游河道的输沙水量和流量; (3) 修建东庄水库调节渭河下游河道水沙过程; (4) 北洛河改道直接入黄。

5 结语

通过实测资料分析和泥沙数学模型计算等方法对潼关高程的作用、潼关高程的变化过程及其影响、降低潼关高程的目标与措施、潼关高程的稳定下降和渭河下游河道的综合治理措施等重要问题进行了研究, 取得了如下认识:

(1) 潼关是三门峡库区的天然卡口, 是渭河下游河道的侵蚀基准面, 潼关高程的变化直接影响渭河下游河道的冲淤, 从减少渭河下游河道淤积、减轻渭河下游洪涝灾害及改善渭河流域生态环境等方面考虑, 降低潼关高程是非常必要的;

(2) 三门峡水库不同运用方式时降低潼关高程的过程是不同的, 但一般经 4~ 8 年后潼关高程可降低到稳定状态, 其中, 全年敞泄时约需 4 年, 非汛期控制水位在 318m 时约需 8 年, 非汛期控制水位在 315m 时约需 5 年;

(3) 改变三门峡水库运用方式, 近期降低潼关高程 1m 是可行的, 采取综合措施后中长期降低 2m 是可能的;

(4) 三门峡水库汛期敞泄和非汛期控制水位 318m 以上与全年敞泄相比, 不利于降低潼关高程, 非汛期控制水位在 312m 以下与全年敞泄相比对降低潼关高程的作用接近, 非汛期控制在 312~ 318m 范围内对降低潼关高程和潼关至大坝段的生态环境相对有利, 采用非汛期控制水位 318m 为上限, 综合考虑目前非汛期控制水位 315m 较好;

(5) 渭河下游河道的治理应该是采取综合措施, 近期可以采取的措施有降低潼关高程、渭河下游河道与汇流区整治和疏浚、渭河干流与南山支流提高堤防标准等, 远期可采取的措施有水土保持减少入渭泥沙、调水入渭增大输沙水量和流量、修建东庄水库调节水沙过程、北洛河直接入黄等。

## 参 考 文 献:

- [ 1 ] 陕西省三门峡库区管理局, 等. 陕西省三门峡库区防洪暨治理学术研讨会论文集 [ C ]. 郑州: 黄河水利出版社, 2001.
- [ 2 ] 三门峡水利枢纽管理局, 等. 三门峡水利枢纽运用四十周年论文集 [ C ]. 郑州: 黄河水利出版社, 2001.
- [ 3 ] 胡春宏, 陈建国, 周文浩, 李慧梅. 三门峡水库现状及遏制泥沙淤积的对策 [ J ]. 水利学报, 2001, ( 增刊 ): 98- 102.
- [ 4 ] 胡春宏, 郭庆超, 陈建国. 降低潼关高程途径的研究 [ J ]. 中国水利水电科学研究院学报, 2003, 1 ( 1 ): 30- 35.
- [ 5 ] 陈建国, 胡春宏, 戴清. 渭河下游近期河道萎缩特点及治理对策 [ J ]. 泥沙研究, 2002, ( 6 ): 45- 52.
- [ 6 ] 郭庆超, 胡春宏, 陆琴, 陈建国, 祁伟. 三门峡水库不同运用方式对降低潼关高程作用的研究 [ J ]. 泥沙研究, 2003, ( 1 ): 15- 24.

## Stable lowering of Tongguan bed elevation and comprehensive regulation of the lower Weihe River

HU Chun-hong, CHEN Jian-guo, GUO Qing-chao

( Department of Sediment, IWHR, Beijing 100044, China )

**Abstract:** Stable lowering of Tongguan elevation and comprehensive regulation of the lower Weihe River (LWR) were investigated by using field data analysis and mathematical modeling. The results can be summarized as follows: (1) Tongguan is the natural gorge of the Sanmenxia Reservoir. As the base level of erosion of LWR, the bed elevation at Tongguan station should be lowered in order to reduce siltation, to alleviate flood disasters and to improve eco-environment of LWR; (2) By means of adjusting the current operation mode of Sanmenxia reservoir, the Tongguan bed elevation could be lowered with is short-term target of 1.0m and the long-term target of 2.0m; (3) It will take about 4 to 8 years to lower Tongguan bed elevation to a relative stable status, depending on both incoming flow/sediment and reservoir operation model; (4) In the near future, for Sanmenxia reservoir, an operation mode of ungated discharging should be used in flood season with the operation water level in dry season setting at 312- 318m. The upper limit of operation water level in dry season at 315m is recommended; (5) Comprehensive measures, including lowering Tongguan bed elevation, river regulation and dredging, levee heightening and stabilization as well as diverting water from other basins should be adopted for regulating LWR.

**Key words:** Tongguan bed elevation; Sanmenxia reservoir; lower Weihe River; stable lowering; comprehensive measures

( 责任编辑: 李福田 )