

三门峡库尾的泥沙淤积 及其解决途径的建议

曾庆华

(中国水利水电科学研究院泥沙研究所, 北京 100044)

提 要 本文着重分析了三门峡水库建成以来水库库尾淤积的发展情况, 潼关河床高程的上升对渭河下游淤积发展有很大影响。潼关河床高程不能下降, 给潼关以上库区人民生活 and 生产的安定, 甚至对关中平原的工农业生产带来严重影响。本文在认清规律的基础上, 提出了用挖泥船清除潼关至古夺河段泥沙淤积的必要性。

关键词 三门峡水库 黄河 泥沙淤积

1 三门峡水库的冲淤概况

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%。图 1 为三门峡库区示意图, 库区分潼关以上和潼关以下两个库段。

三门峡水库自 1958 年 12 月截流, 1960 年 9 月 15 日开始蓄水, 1961 年 2 月 9 日蓄至最高水位 332.58 m, 由于水库回水超过了潼关, 库内淤积严重。335 m 高程以下库容损失了 17 亿 m^3 。工程经过两次改建, 泥沙问题得到较大的解决, 但水库淤积翘尾巴遗留的问题, 及近期运用和来水来沙变化所引起的库尾泥沙淤积的问题, 仍相当严重, 应该研究解决。水库运用以来至 1990 年共淤积泥沙 $49.81 \times 10^8 \text{ t}$, 其中潼关以上淤积 $37.46 \times 10^8 \text{ t}$, 占全库区淤积量的 75.2%, 潼关以下淤积 $12.35 \times 10^8 \text{ t}$, 占全库区淤积量的 24.8%。

由图 2 可见, 就全库区而言, 1970 年以前, 淤积主要发生在 1961~1964 年及 1966~1967 年; 1970 年以后, 全库区累积淤积量呈下降趋势, 只是 1986 年龙羊峡、刘家峡投入运用以后, 呈上升趋势。

由图 2 还可以看出, 潼关上下库段冲淤的情况有所不同。潼关以下的淤积主要发生在 1960~1964 年, 淤积量达 $33.19 \times 10^8 \text{ t}$; 同期, 潼关以上淤积 $11.16 \times 10^8 \text{ t}$ 。1964 年以后潼关以下累积淤积量呈下降趋势; 而潼关以上 1964~1970 年间累积淤积量猛升, 1970 年后潼关以上呈缓慢上升趋势, 1986 年以后淤积量又有所增加。

潼关上下库段的冲淤趋势的不同, 说明了潼关的卡口作用和潼关河床高程的侵蚀基准面作用。

从图 2 上还可以看到潼关河床高程的变化, 说明了三门峡水库虽经两次改建, 但

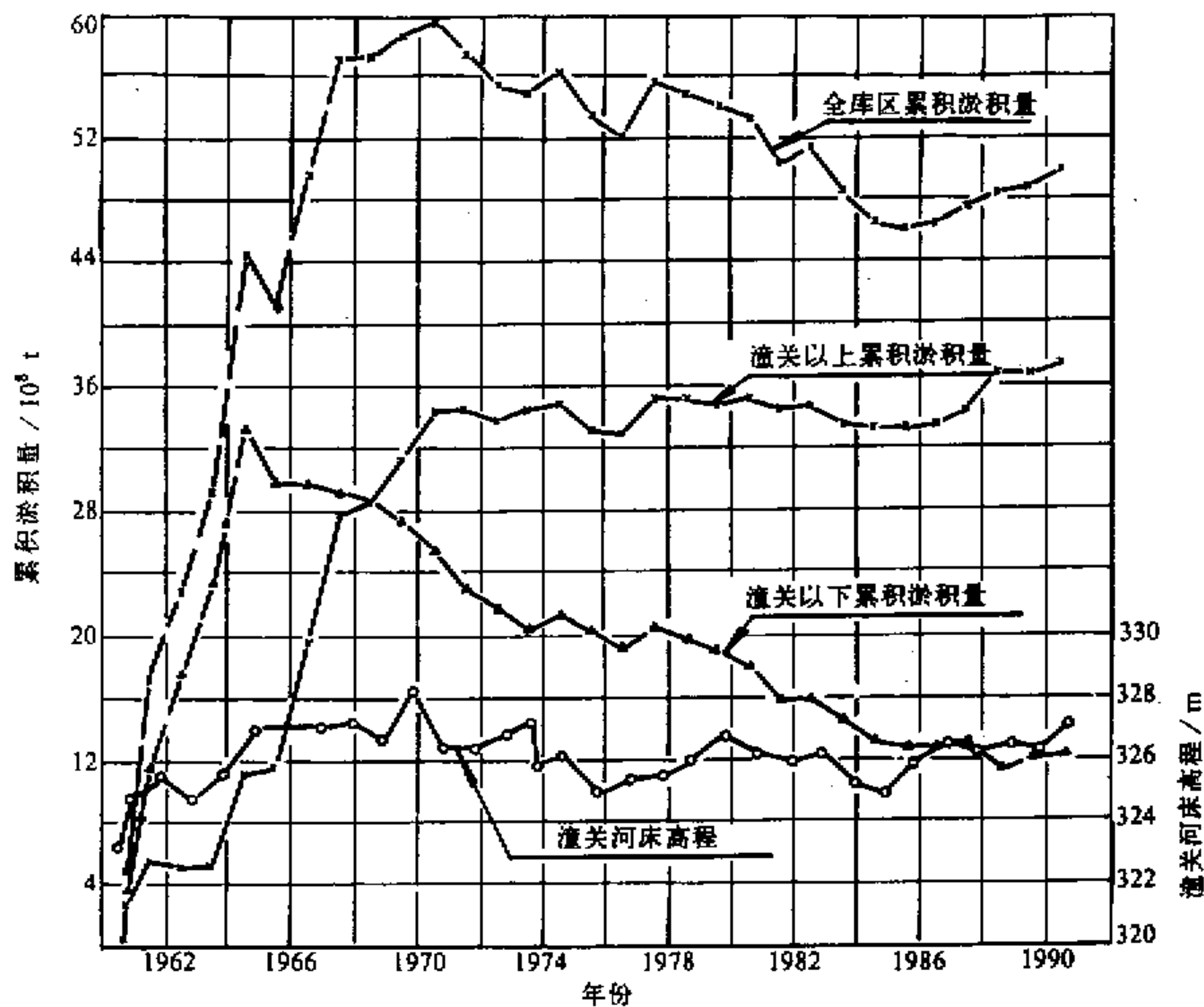


图2 三门峡库区淤积过程及潼关河床高程的变化图

是, 潼关河床高程下降不多, 1986 年以后又有明显回升。

2 潼关河床高程的变化

三门峡水库建成并投入运用后, 潼关河床高程不断抬升 (见图 3、图 4), 到第一期改建末的 1969 年, 潼关河床高程达 328.4 m, 比建库前原高程 323.4 m 抬升 5 m。到第二期改建末的 1973 年, 潼关河床高程下降 1.8 m, 为 326.6 m。三门峡水库从 1973 年汛后开始进到全年控制应用 (即蓄清排浑运用) 至今。

由图 4 和图 5 可见, 进入 80 年代以来, 除 1988 年含沙量较高之外, 其余年份来沙较少, 含沙量比较小, 应该说来水来沙条件是有利的。但也难以使潼关河床高程下降。图 4 展示了潼关、古夺水位变化及坝前水位和潼古段淤积的关系。可以清楚

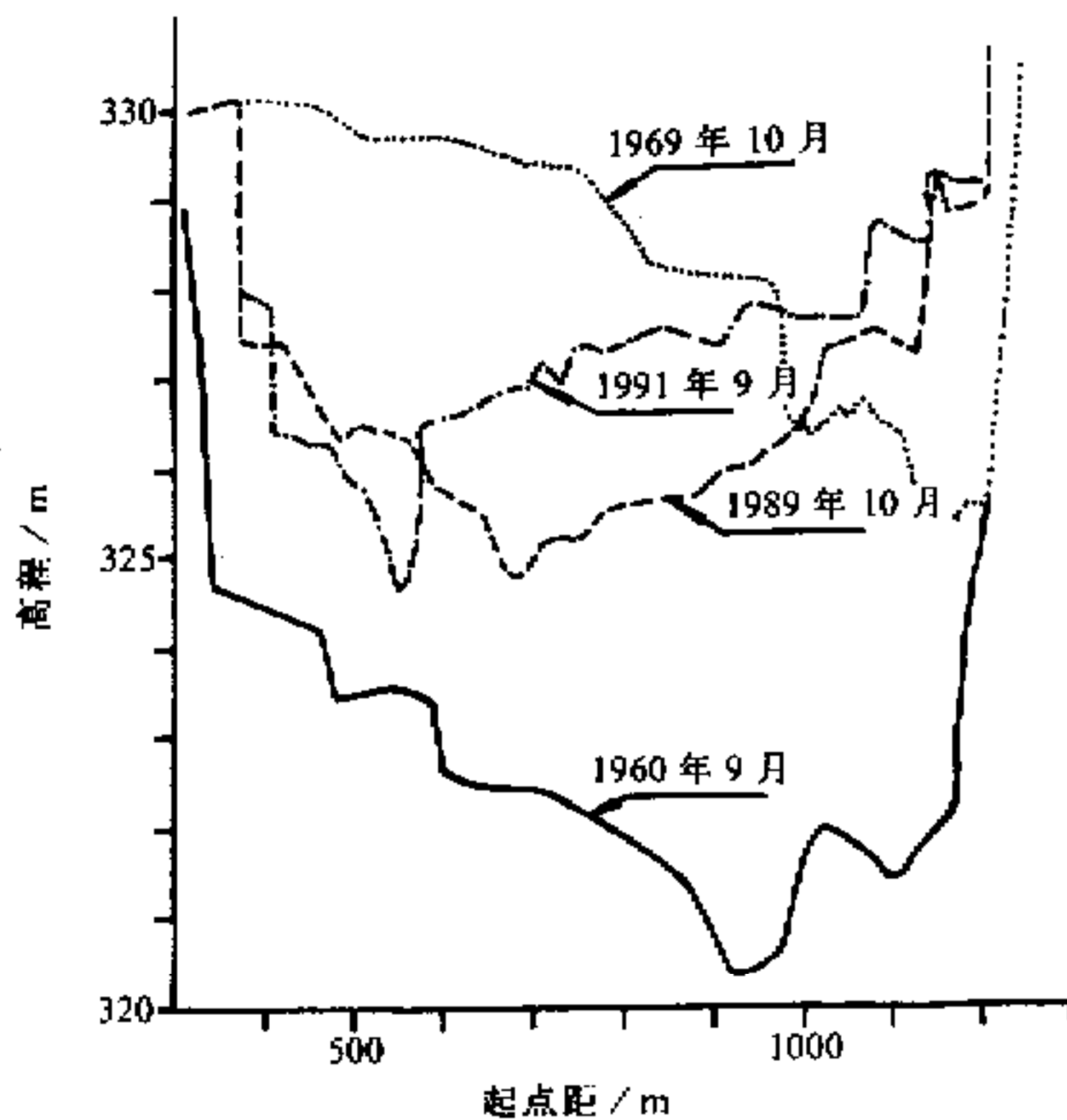


图3 潼关河床高程断面变化图

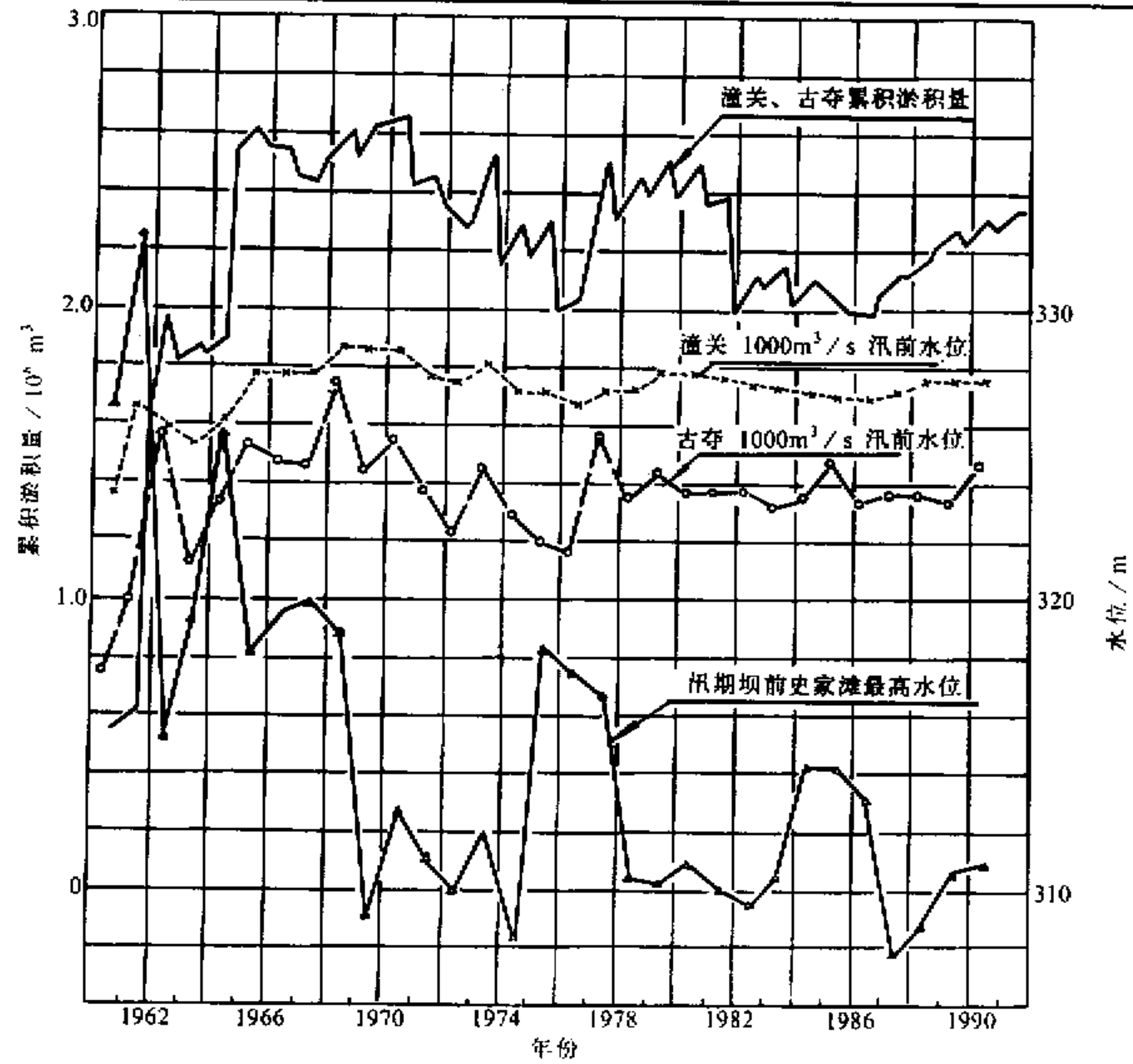


图4 潼关、古夺水位变化与坝前水位和潼古段淤积量关系图

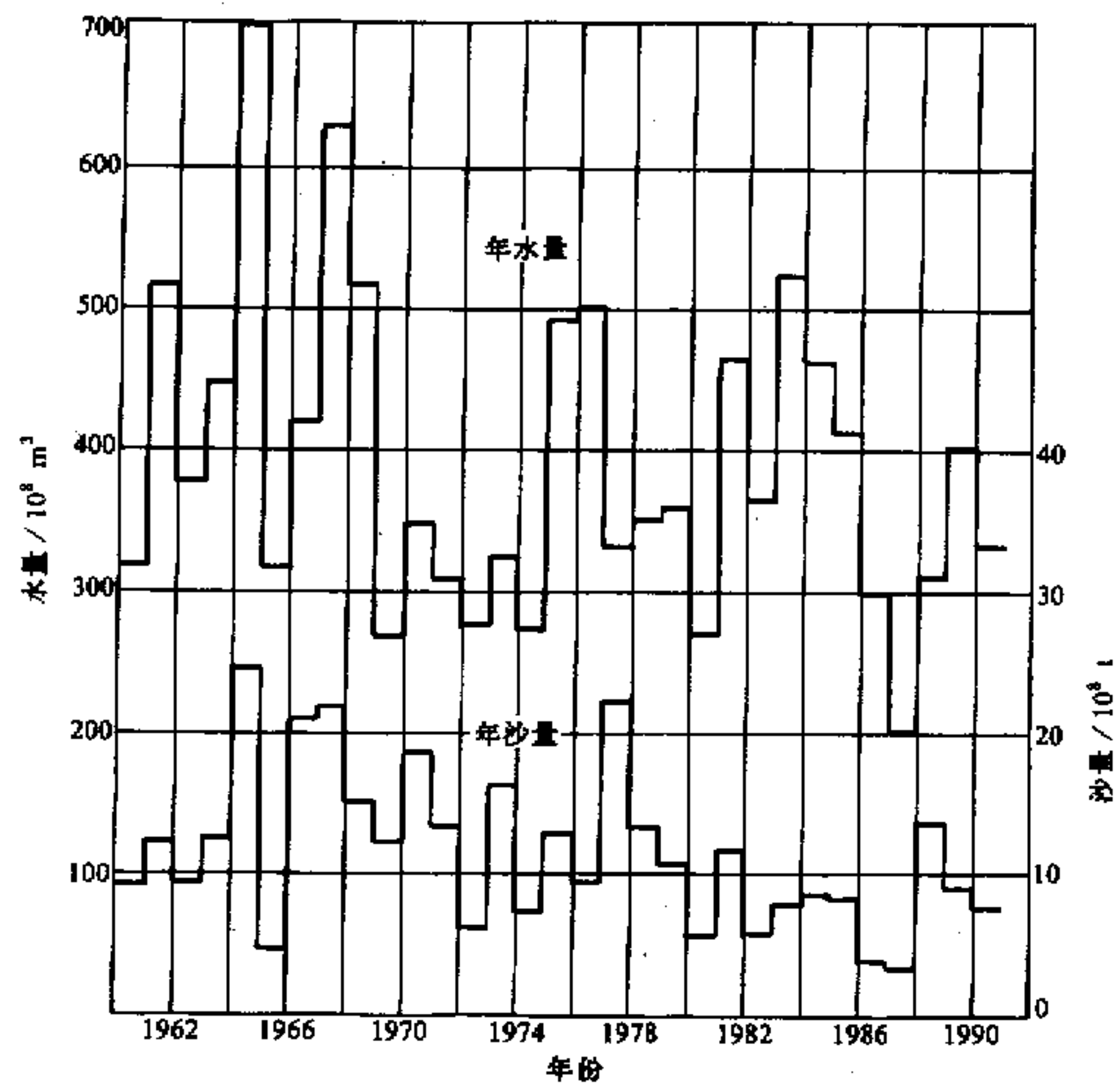


图5 潼关站年来水量及年来沙量变化图

地看出, 潼关水位以 1967、1968、1969、1970 年为最高, 分别达到 328.85 m、328.42 m、328.59 m 及 328.1 m。当第二期改建末, 坝前水位 (7~9 月平均值) 几乎恢复到 1960 年时的情况 (约 295 m 左右) 时, 潼关水位由 328.6 m 逐渐下降到 326.3 m, 也就是说, 坝前水位下降 14~15 m, 潼关水位才下降 1.8 m 左右, 潼关河床高程下降的幅度很有限, 但要付出的代价却是相当高的。

从图 4 可以看到坝前水位的下降对潼关至古夺河段的影响不大, 潼古段 1964 年后累积淤积量曾达 2.6 亿 m^3 左右, 两次改建后, 总冲去 5000~6000 万 m^3 , 但 1977 年大沙年后又淤积 4000~5000 万 m^3 。到了 80 年代初期如 1981、1983、1984、1985 年来水量均超过 400 亿 m^3 , 年平均含沙量多数在 20 kg/m^3 以下 (图 6), 所以潼古段又冲刷了 3000~4000 万 m^3 , 但总的累积淤积量都维持在 2.0 亿 m^3 以上。1986~1991 年累积淤积曲线又出现回升的趋势, 潼关河床高程又有所上升。

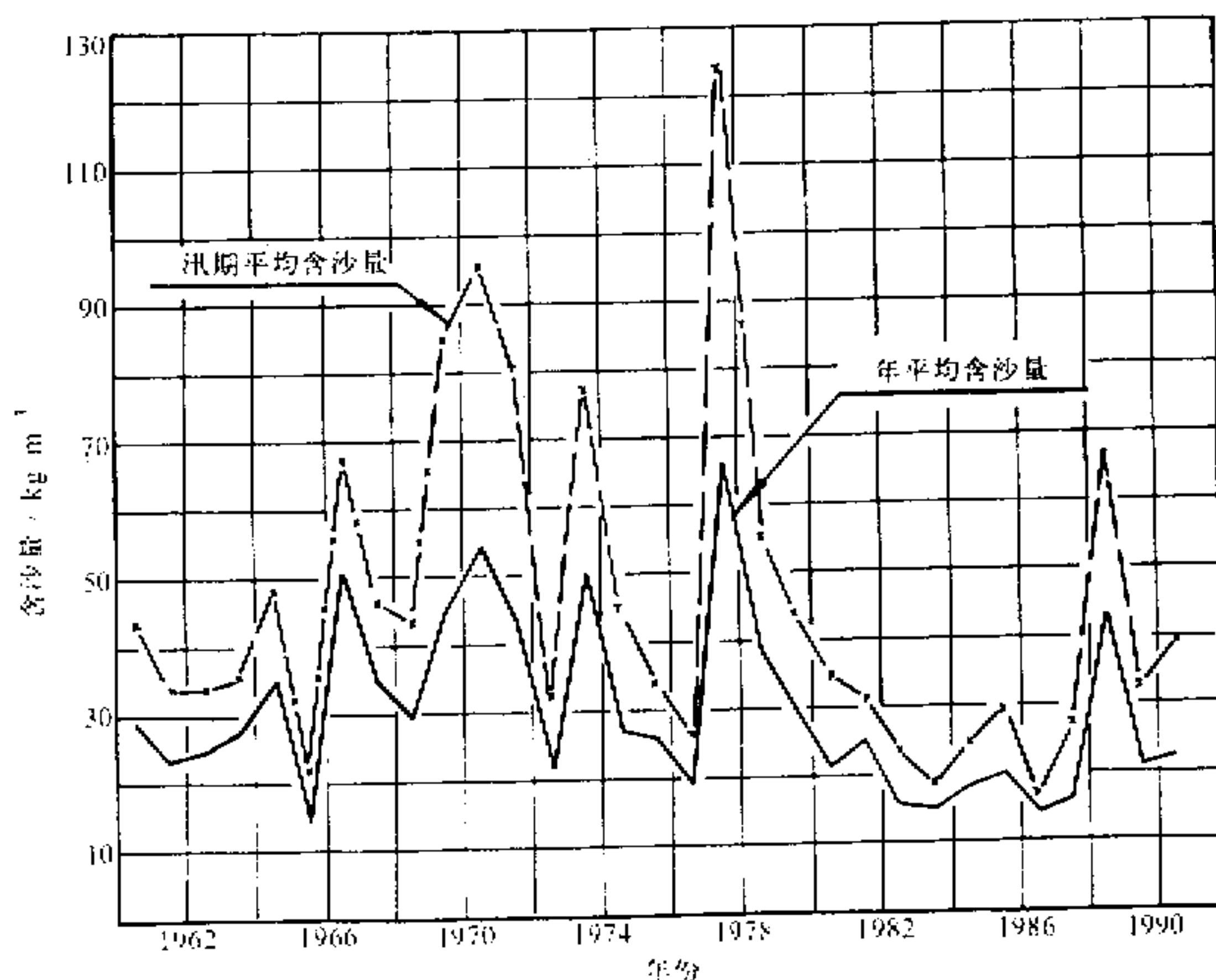


图 6 潼关站年平均含沙量及汛期含沙量图

近几年的来水来沙条件也是有利的, 但也难以使潼关河床高程下降。如 1974 年 8 月 15 日龙门站最大流量 $Q_{\max} = 10900 \text{ m}^3/\text{s}$, 含沙量 $\rho_{\max} = 353 \text{ kg/m}^3$, 8 月 6 日到达潼关 (七) 站的最大流量 $Q_{\max} = 7400 \text{ m}^3/\text{s}$, 潼关的最高水位 329.61 m, 比较这场洪水后的情况可以得知, 潼关站 8 月 5 日 5 时流量为 $1600 \text{ m}^3/\text{s}$ 的水位为 328.15 m, 这场洪水后 8 月 7 日 20 时, 当流量为 $1600 \text{ m}^3/\text{s}$ 的水位为 328.00 m, 说明这样大的一场洪水仅使潼关水位下降了 0.15 m。又如 1994 年北洛河出现了 1933 年以来有实测资料以来的最大的一场洪水, 状头站 9 月 1 日的最大流量 $Q_{\max} = 6280 \text{ m}^3/\text{s}$, 同时黄河龙门站最大流量 $Q_{\max} = 4110 \text{ m}^3/\text{s}$, 两河汇入潼关后复式洪峰过程, 其洪峰流量分别为 $3400 \text{ m}^3/\text{s}$ 和 $3740 \text{ m}^3/\text{s}$, 经过这样一场洪水后, 潼关站同流量 ($1380 \text{ m}^3/\text{s}$) 的水位

反而上升 0.2 m。

上述资料说明,即使超过 $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ 的流量也难使潼关河床高程下降。可以认为仅靠有利的水沙条件使潼关河床高程下降是困难的。

尤其是龙羊峡、刘家峡投入运用后,改变了汛期和非汛期的来水比例,以前汛期水量占 60%,非汛期占 40%,而现在汛期只占 40%,非汛期占 60%,所以,今后依靠汛期大流量冲刷潼关河床的机会将会更少。

正如前面提到的,三门峡水库实际上分成两个库段,即潼关以上和潼关以下。潼关距坝址 114.3 km。它位于黄河、渭河和北洛河汇口的下游是一个天然的卡口(见图 1),对上游河道起着局部侵蚀基准面的作用。在天然状态下,潼关以下河床平均比降为 3.4‰ ,河道水流的挟沙能力是非饱和的。而潼关以上的汇流区则因受卡口壅水的影响(图 7),有汛期淤积和汛后冲刷的特点。

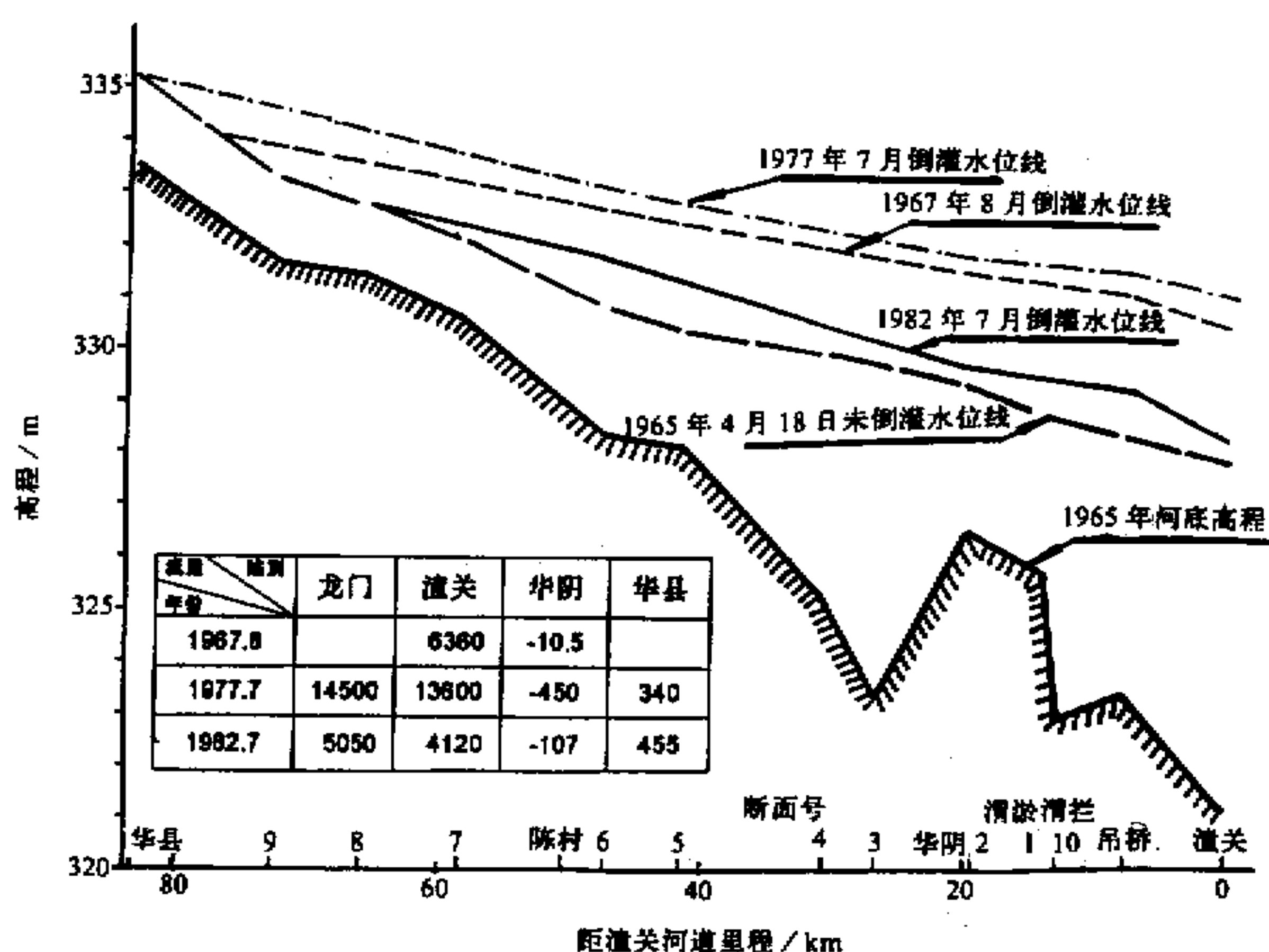


图 7 潼关卡口使黄河水倒灌渭河的图形

建库后,三门峡水库虽然两次改建,坝址处正常水位($1340 \text{ m}^3/\text{s}$ 时)仍比建库前抬高了 11 m 左右,洪水位 $10000 \text{ m}^3/\text{s}$ 时比建库前抬高了 25.6 m。近年来,潼关以下河槽比降基本稳定在 2.3×10^{-4} 左右,所以在坝前水位不再降低的条件下,要使潼关河床高程恢复到建库前的情况是不可能的。根据 1995 年 8 月洪水后的潼关河床高程为 327.7 m 左右,即比改建后潼关河床高程仅相差 0.7 m,所以两次改建对潼关河床高程下降的作用是有限的。

三门峡水库虽采取蓄清排浑的运用方式,使潼关以下的库容得到较好的恢复,但是,水库仍有较大的滞洪作用,汛期降低水位运用,对潼关—古夺河段的影响较小。根据我们的分析,潼关河床高程的升降与潼古段的淤积量有较明显的关系。

3 潼关河床高程的上升对潼关以上河段 (尤其是渭河下游) 的严重影响

三门峡水库经两次改建, 1973 年汛后就转入了全年控制运用。在全年控制运用期间, 全库区增加了 5.19 亿 m^3 , 其中潼关以上增加了 3.2 亿 m^3 , 占增加量的 61.6%, 尤其是 1986 年 10 月龙羊峡、刘家峡投入运用以后, 至 1991 年以来, 潼关以上库段共淤积泥沙 3.81 亿 m^3 , 占 1973 年以来, 潼关以上淤积增加值 3.2 亿 m^3 的 119%。这说明 1986 年以来, 潼关以上库段的淤积量增加较多, 应该引起足够的重视。

泥沙淤积对渭河下游的影响是严重的, 根据实测资料统计, 从三门峡建库 (1960 年 6 月) 至 1991 年 9 月, 渭河下游共淤积泥沙 10.36 亿 m^3 , 从而使渭河下游由建库前的地下河成为了地上河 (图 8)。

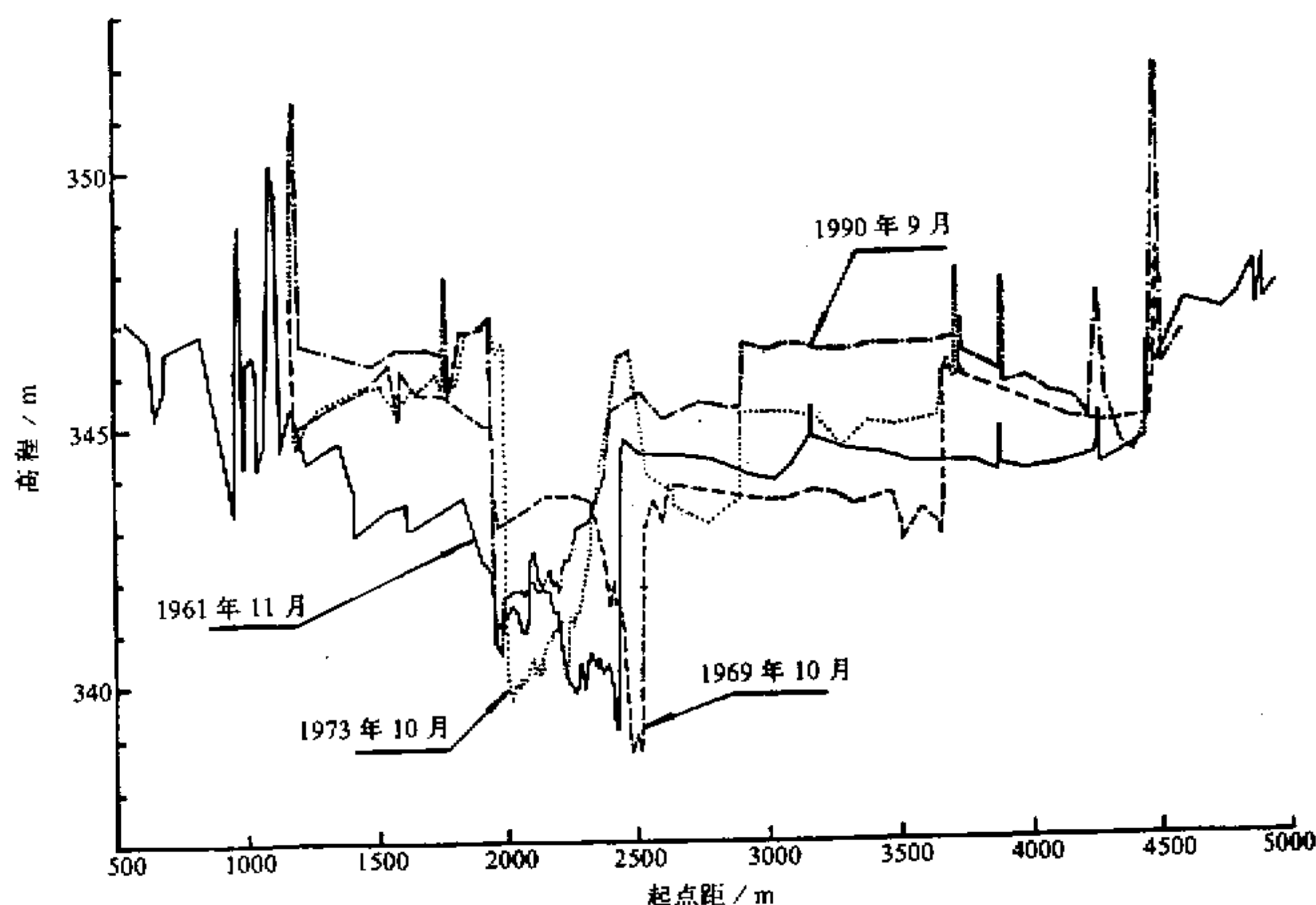


图 8 渭河下游渭淤 17 断面变化图

由表 1 可知建库以来的 10.36 亿 m^3 的泥沙 98.9% 都淤积在临潼以下的渭河下游。尤其华县 (渭淤 10) 以下呈累积性淤积, 临潼—华县在出现高含沙量水流时, 有揭底冲刷的现象。

1986 年以后潼关河段累积淤积曲线有上升趋势 (见图 4), 同时潼关河床高程也相应缓慢上升。使潼关河床高程居高不下。这就加剧了黄河洪水倒灌渭河的机遇, 增加了渭河口的淤积 (图 7)。建库后的 1967 年黄河洪水严重倒灌渭河, 加上北洛河小水大沙, 在河口段淤堵 8.8 km 。加剧了渭河下游的淤积发展, 1968 年渭河下游淤积末端由渭淤 17 断面发展到了渭淤 21 断面, 1971 年发展到了渭淤 22 断面, 淤积不断向上游延

表 1 渭河下游的冲淤分布

断 面	1993 年 10 月~1991 年 9 月		1986 年 10 月~1991 年 9 月		1960 年 6 月~1991 年 9 月	
	冲淤体积/ 亿 m ³	%	冲淤体积/ 亿 m ³	%	冲淤体积/ 亿 m ³	%
渭栏~渭淤	0.1160	323.1	0.0362	5.9	0.5126	4.9
渭淤~渭 10	0.3178	885.2	0.2425	39.2	6.8581	66.2
渭 10~渭 26	-0.5297	-1475.5	0.2814	45.5	2.8791	27.8
渭 26~渭 28	0.0781	217.6	0.0135	2.2	0.0693	0.7
渭 28~渭 37	0.0537	149.6	0.0450	7.3	0.0439	0.4
合 计	0.0359	100	0.6186	100	10.3630	100

注：渭 2 是华阴，渭 10 是华县，渭 26 是临潼，渭 28 耿镇，渭 37 是咸阳

伸，形成淤积“翘尾巴”现象。1991 年渭河的淤积范围已达渭淤 33 断面。从最近中国水利水电科学研究院泥沙研究所进行的潼关以上汇流区的泥沙模型试验中可以清楚地复演黄河洪水倒灌渭河的情况。

应当指出，渭河下游的淤积和洪水倒灌的加重与潼关卡口和潼关不断淤积上升是有密切关系的。如图 3 所示，潼关过水断面面积在不断缩小。330 m 高程以下，1960 年 9 月面积为 6582 m²，1961 年 6 月 9 日为 3443 m²，1969 年 10 月 6 日淤积后面积仅有 1434 m²。经二次改建后由于水库泄流规模扩大，潼关 330 m 高程以下面积增扩到 3000 m² 左右。但 1986 年以后断面面积又呈减小趋势。1986 年 10 月 3 日断面面积为 2940 m²，1991 年 9 月 28 日断面面积为 2254 m²，相当于建库前 6582 m² 面积的 34.2%。

近年来黄河倒灌渭河的情况有所增加，如 1985 年 8 月洪水期，黄河出现了两次洪水，7 月 18 日黄河龙门站洪水流量 3860 m³/s，7 月 30 日洪峰流量 7850 m³/s，潼关相应的洪峰流量为 3100 m³/s 和 4180 m³/s。在这样小的流量情况下，还发生黄河对渭河的倒灌，使吊桥水位抬升 1.27~1.9 m，华阴水位站的水位抬高 0.9~1.3 m，其倒灌的距离到达陈村。

值得引起重视的是，渭河下游的河床仍在不断抬升，如华县站在三门峡全年控制运用以来，其常水位在水量 $Q=250\text{ m}^3/\text{s}$ 时，仍在升高，如：

1960 年	华县水位 333.55 m
1969 年	华县水位 336.68 m
1991 年 9 月	华县水位 336.47 m
1993 年	华县水位 336.31 m
1995 年汛期	华县水位 338.0 m

1995 年 8 月渭河的洪水，华县洪峰流量只有 1450 m³/s，但洪水位比建国以来的 1954 年 ($Q_{\max}=7660\text{ m}^3/\text{s}$) 的水位，还要高出 2.07 m。与三门峡建库以来渭河最大的一场洪水 (1981 年华县站洪峰流量 5380 m³/s) 相比，洪水位仅低 0.17 m。而且渭河下游还出现洪峰传播的历时比以往要长，比正常的洪峰传播历时要长一倍多。如临潼至华县以前要 22 小时，1995 年却增加到 59 小时之多。另一个值得研究的是临潼至华县洪峰流量由 2630 m³/s 减至 1450 m³/s，洪峰削减了 34.5%，这实属罕见。

类似的情况在黄河也出现过，小浪底流量大，而花园口流量小，但水位高，含沙量

也大。所以在高含沙水流的洪水过程中的特有水文现象是值得进一步研究的问题, 这对河道的防洪预报有着非常重要的意义。

4 建议

综上所述, 随着潼关河床高程的抬升, 潼关过水断面变小, 渭河下游滩面不断淤厚, 过水断面变小, 如图 8 所示, 渭淤 17 断面滩面淤高, 主槽也淤高变窄, 堤防不断加高, 使得渭河下游, 由原来的地下河变成了地上河, 于是渭河下游汛期一般洪水都漫滩出槽, 河势摆动。这种河道状况应该加以治理, 治理的根本措施就是要使潼关河床高程降低, 使过水断面增加。从 30 年来的经验说明仅靠目前的泄流能力, 泄水产生的源冲刷能力达不到潼关至古夺河段, 使累积淤积的 2 亿多吨泥沙下不去。要靠有利的来水来沙条件冲刷河床, 也是困难的, 例如, 80 年代的水沙条件应该是有利的, 但 1986 年龙羊峡、刘家峡投入运用以后, 汛期的洪峰削减了, 事实证明 1986 年以后潼古段淤积量有所增加。所以, 我们建议应该用挖泥船挖去潼古段的难以冲刷的淤积的泥沙, 使潼关河床高程下降, 让过水断面扩大, 这样对于减轻渭河下游人民的灾害是十分必要的。同时, 也将可以研究如何进一步发挥三门峡水库的综合效益, 例如可以以电养库, 以水养库, 将潼关上下游库区的泥沙治理提到议事日程上来。建议中央和水利部早下决心, 中国水利水电科学研究院可以与兄弟单位一起承担此项重大的研究工作。

参 考 文 献

- 1 曾庆华、周文浩、杨小庆, 1986, 渭河的淤积发展及其与潼关卡口、黄河洪水倒灌的关系, 泥沙研究, 13~28.
- 2 Zeng Qinghua and Zhou Wenhao, 1989, Soil erosion in the Yellow River basin and its impacts on reservoir sedimentation and the lower Yellow River, *Proceedings of the Baltimore Symposium*, IAHS.
- 3 叶青超、曾庆华等, 1994, 黄河流域环境演变与水沙运行规律研究, 山东科学技术出版社, 135~144.

Sedimentation Development at the End of the Sanmenxia Reservoir and A Proposal for Solving Way

Zeng Qinghua

(Department of Sedimentation Engineering, Chinese Institute of Water Conservancy and
Hydroelectric Power Research, Beijing 100044)

Abstract This paper concentrates on the analysis of sedimentation development at the end of the Sanmenxia Reservoir after its completion. The increase of Tongguan Bed Elevation (TBE) has great influence on sedimentation development at the lower reaches of the Weihe River. The maintenance of TBE significantly affects the life and production stabilities in the reservoir region of upstream Tongguan and the industry and agriculture operations in Guanzhong Plain. Based on the sedimentation development law, this paper argues for the necessity of dredging at the reaches between Tongguan and Guduo.

Key words Sanmenxia Reservoir Yellow River sedimentation