

# 黄河泥沙关键问题研究



---

郭庆超

中国水科院泥沙所  
2007年10月



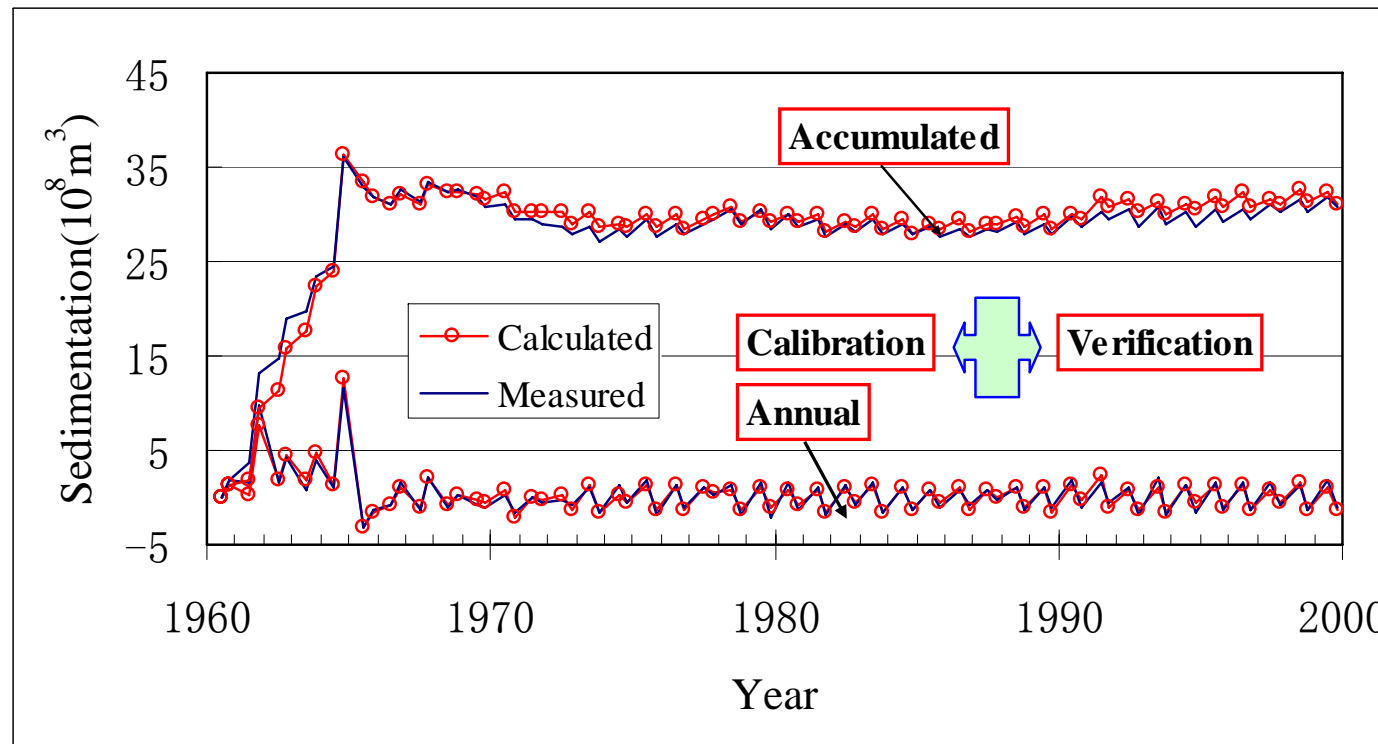
# 内容

---

- 1. 模型率定与验证
- 2. 黄河下游冲淤临界平衡
- 3. 大型水利枢纽减淤作用
- 4. 黄河下游健康水沙通道
- 5. 主要认识

# 1. 模型率定与验证

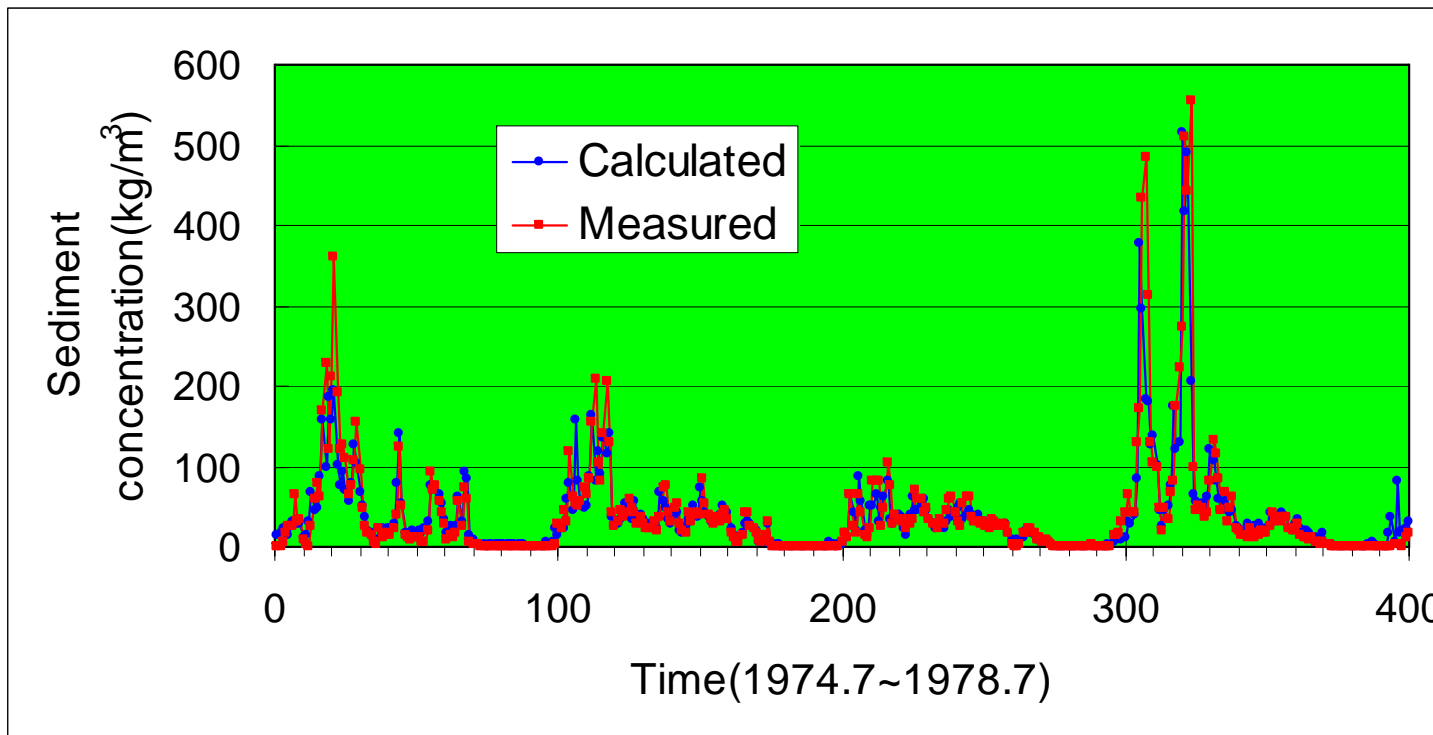
## 三门峡水库



计算与实测三门峡库区冲淤量比较 (1960~2000)

# 1. 模型率定与验证

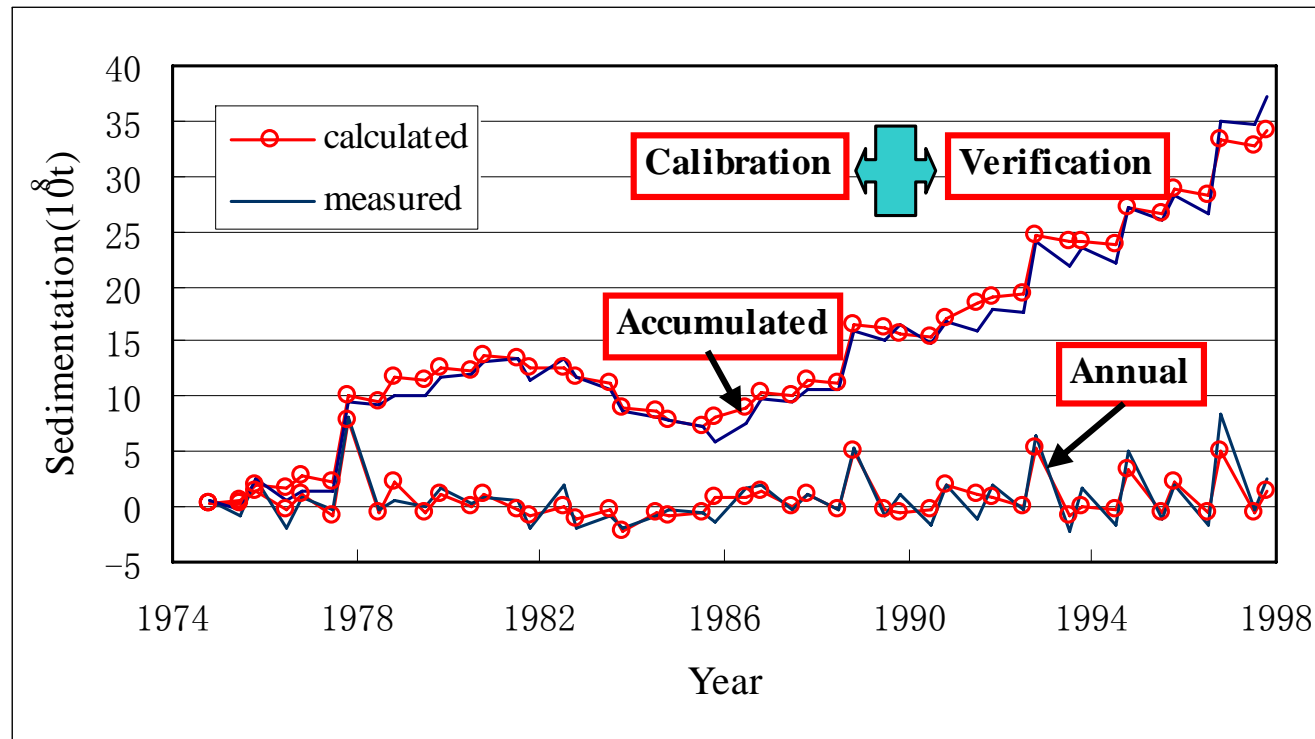
## 三门峡水库



计算与实测三门峡出库沙量比较（1974~1978）

# 1. 模型率定与验证

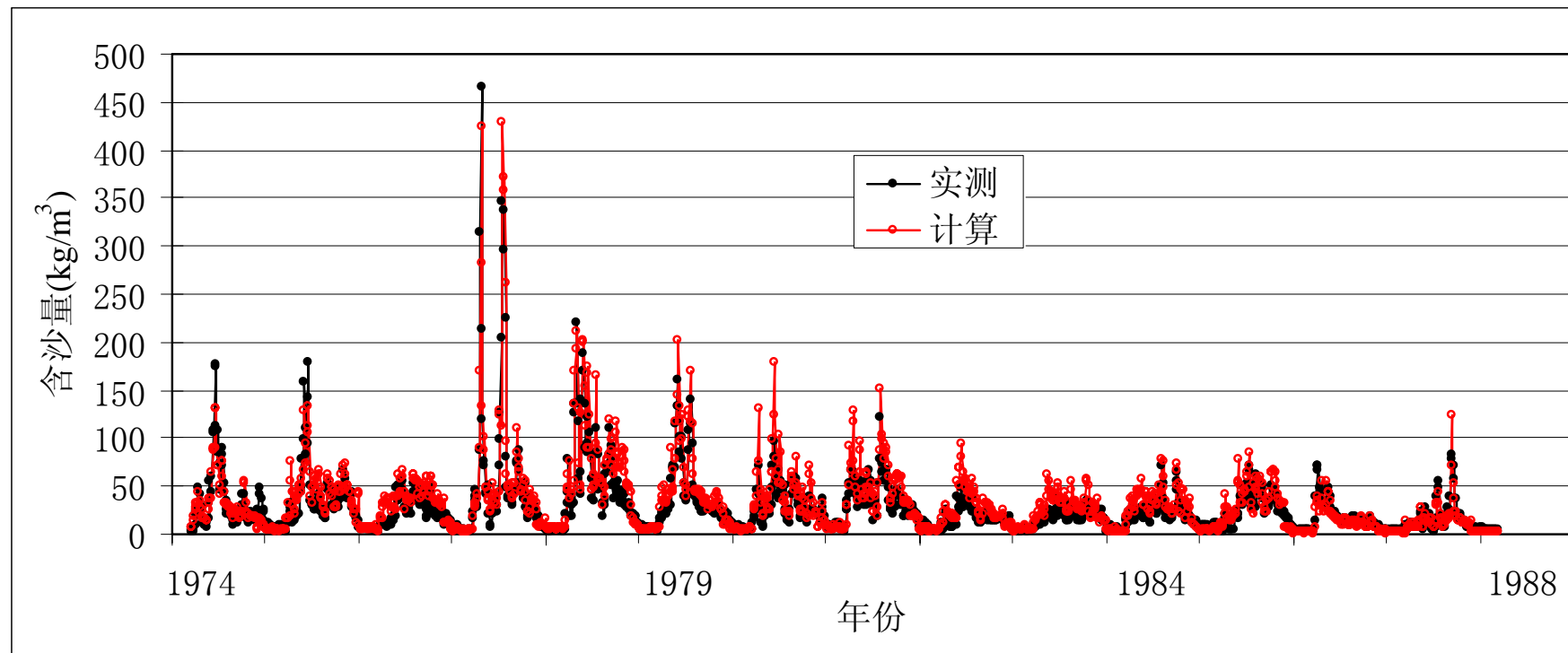
## 黄河下游



计算与实测黄河下游冲淤量比较 (1974~1998)

# 1. 模型率定与验证

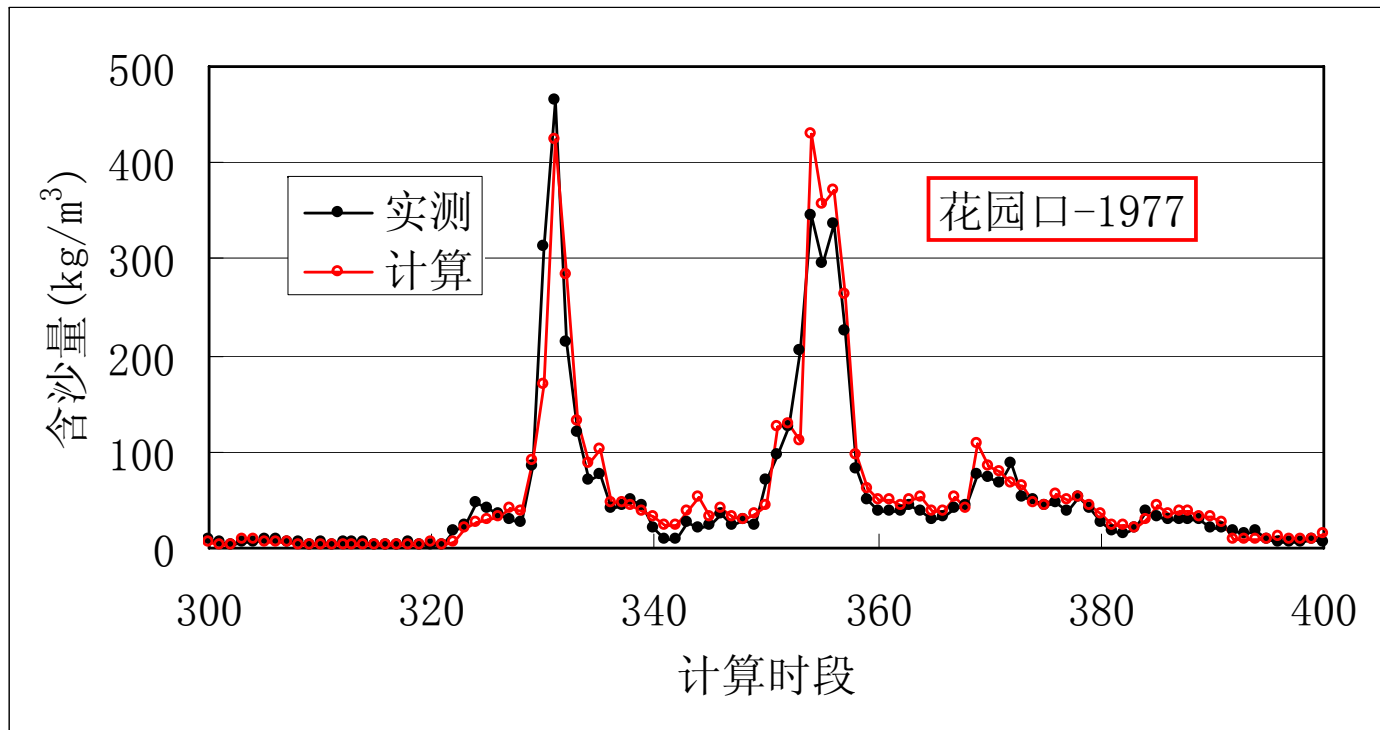
## 黄河下游



计算与实测花园口水文站含沙量比较 (1974~1988)

# 1. 模型率定与验证

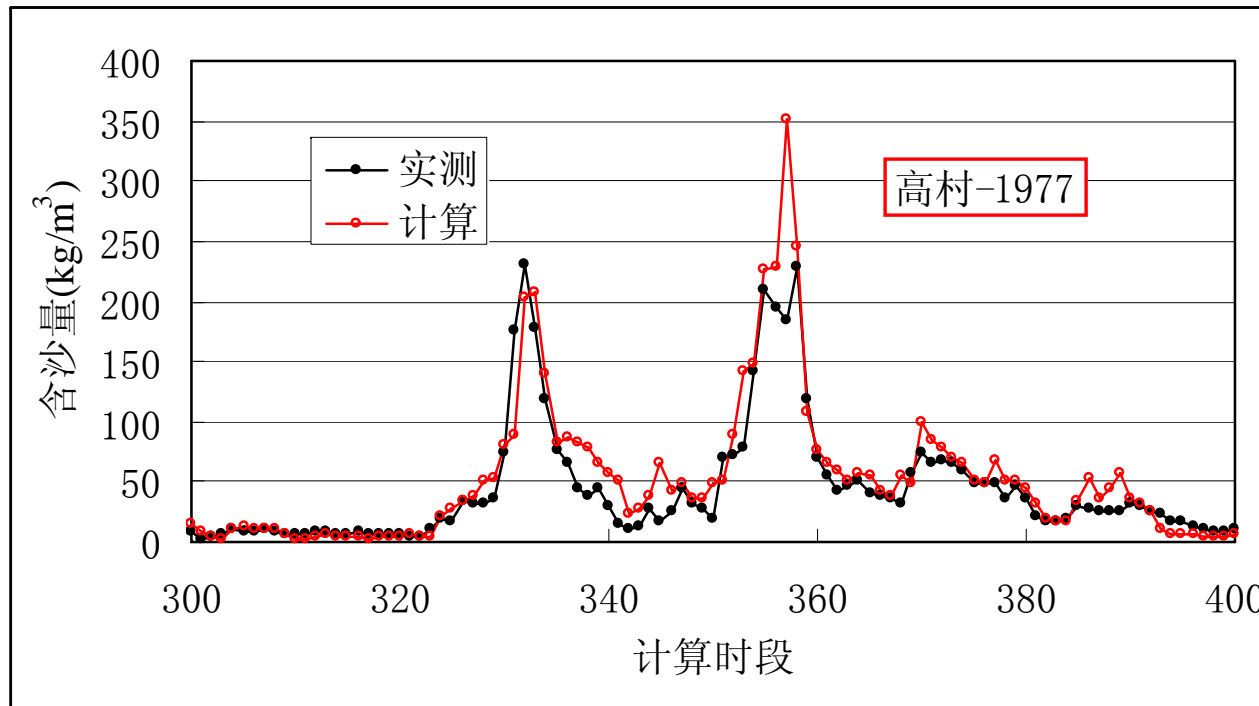
## 黄河下游



计算与实测的1977年高含沙过程比较（花园口水文站）

# 1. 模型率定与验证

## 黄河下游

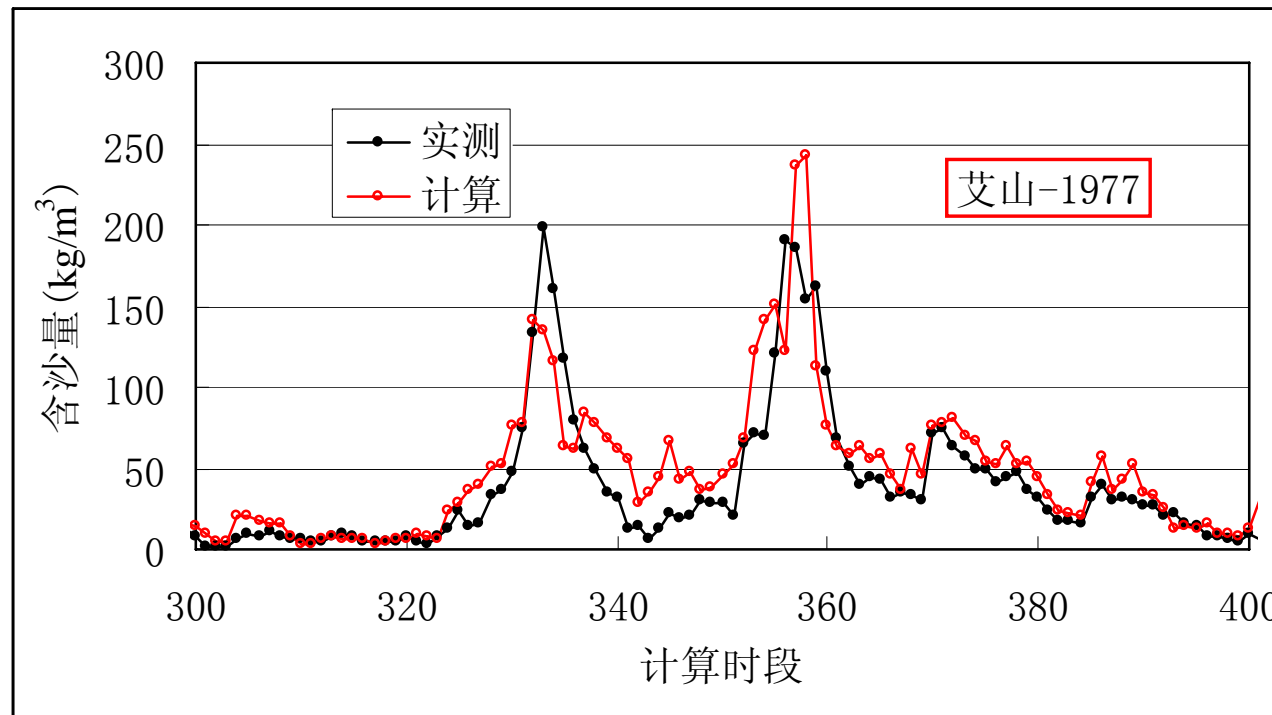


计算与实测的1977年高含沙过程比较（高村水文站）



# 1. 模型率定与验证

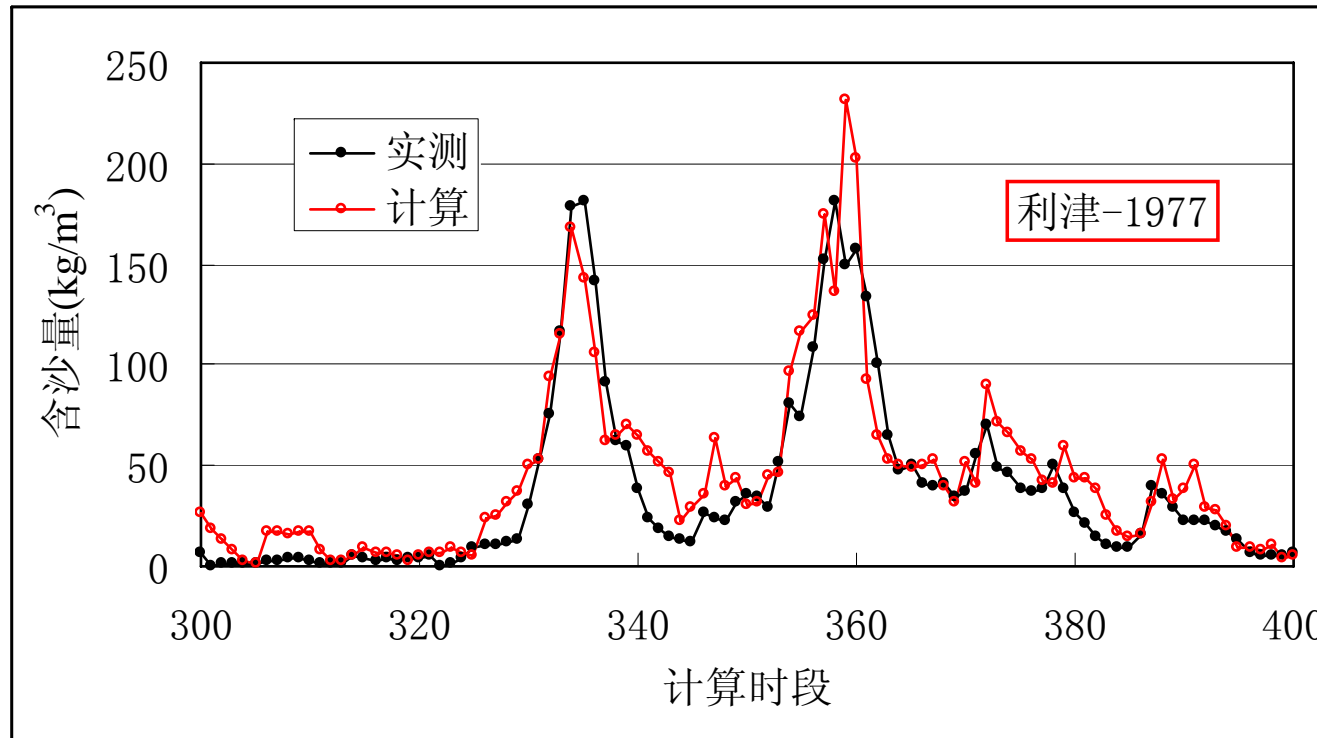
## 黄河下游



计算与实测的1977年高含沙过程比较（艾山水文站）

# 1. 模型率定与验证

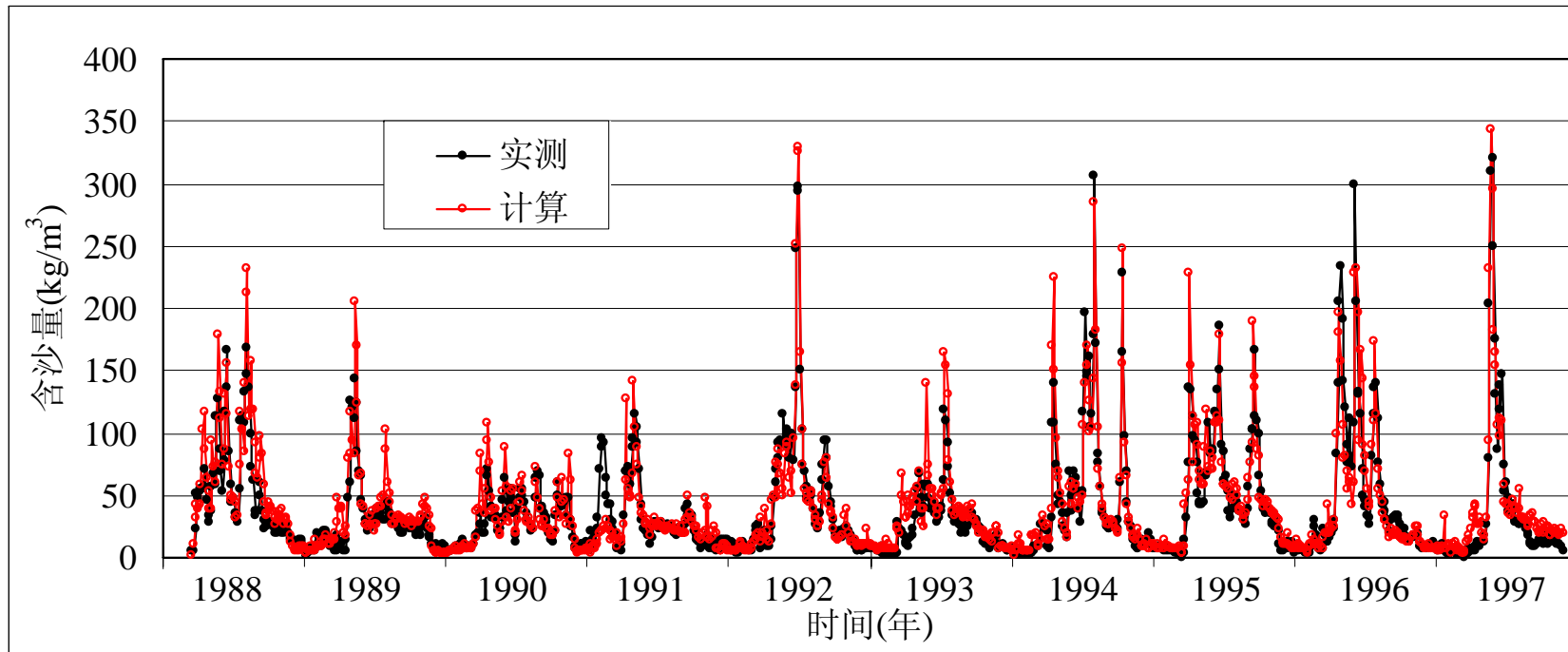
## 黄河下游



计算与实测的1977年高含沙过程比较（利津水文站）

# 1. 模型率定与验证

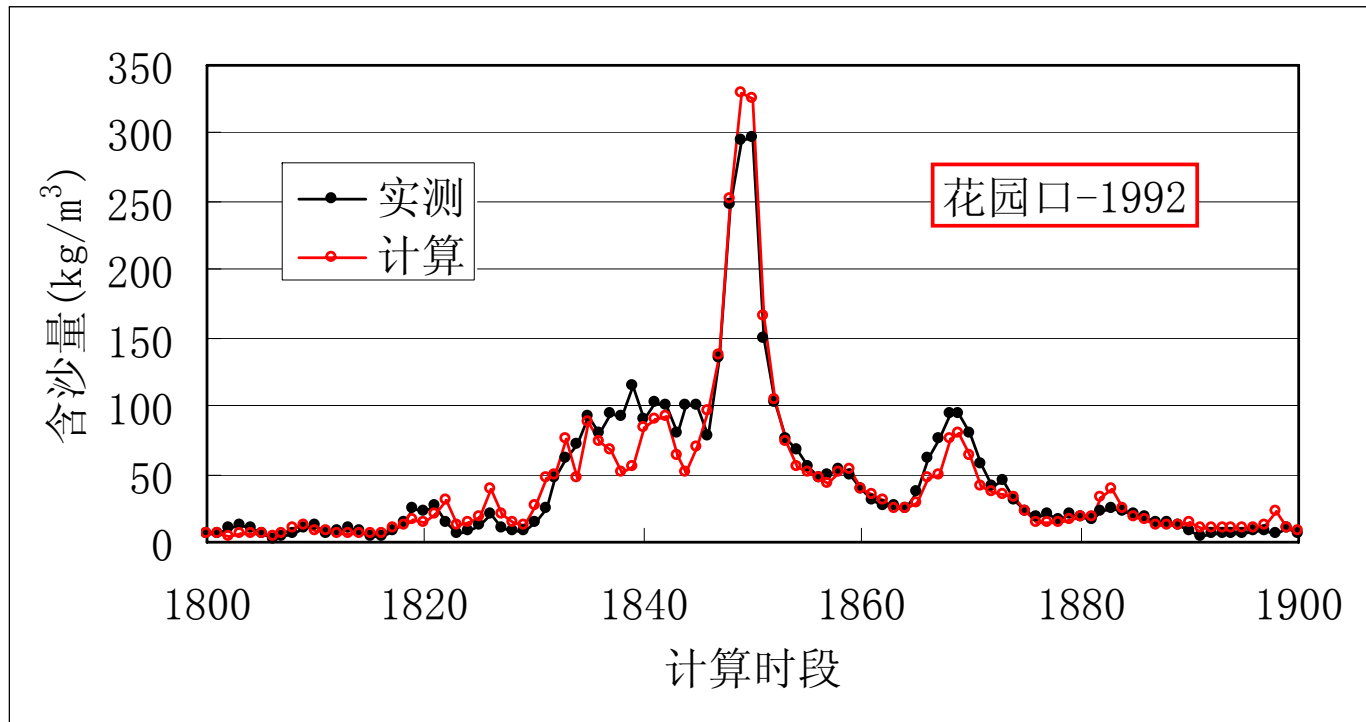
## 黄河下游



计算与实测花园口水文站含沙量比较 (1988~1997)

# 1. 模型率定与验证

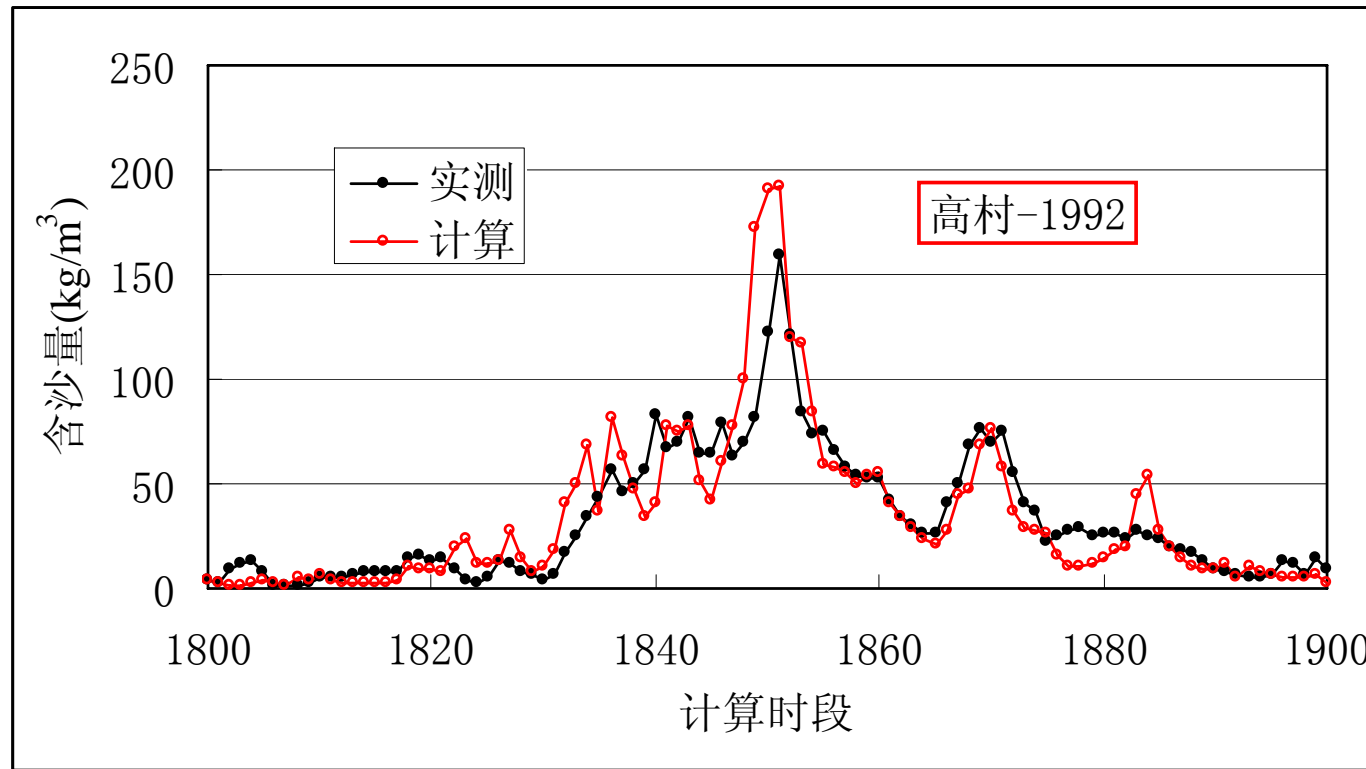
## 黄河下游



计算与实测的1992年高含沙过程比较（花园口水文站）

# 1. 模型率定与验证

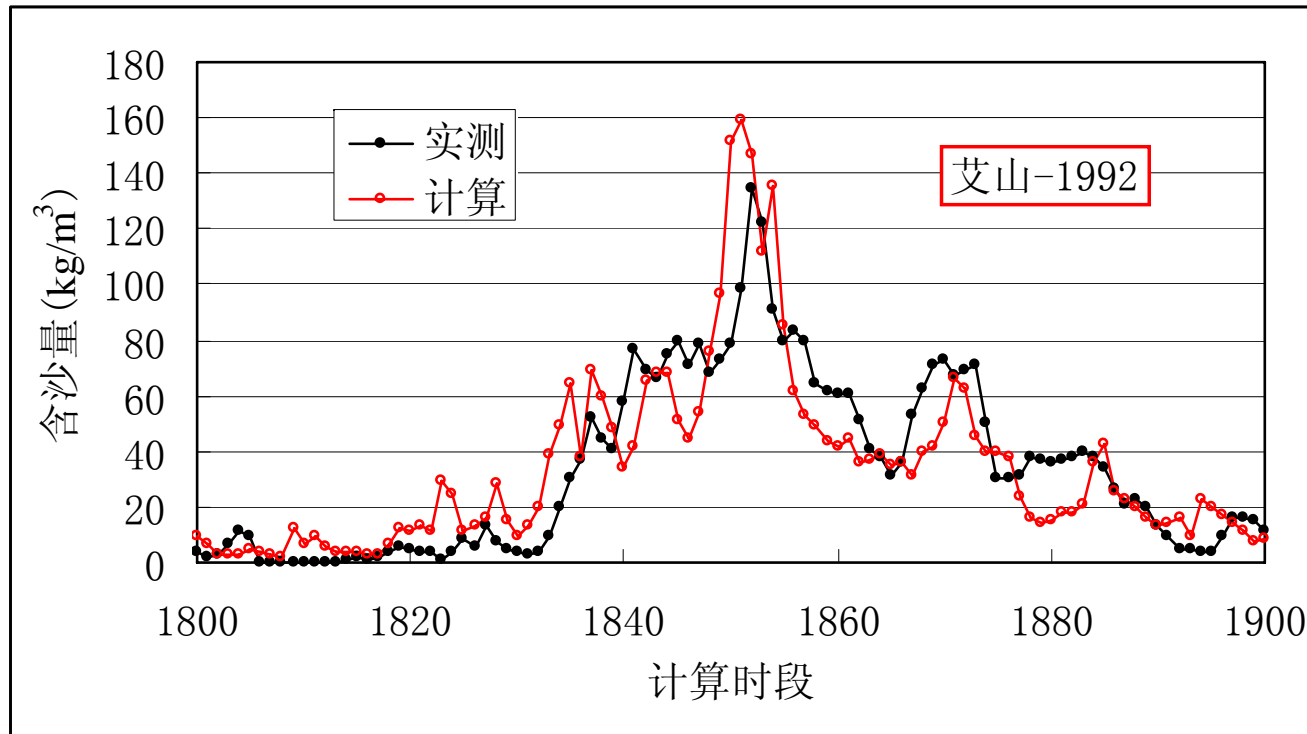
## 黄河下游



计算与实测的1992年高含沙过程比较（高村水文站）

# 1. 模型率定与验证

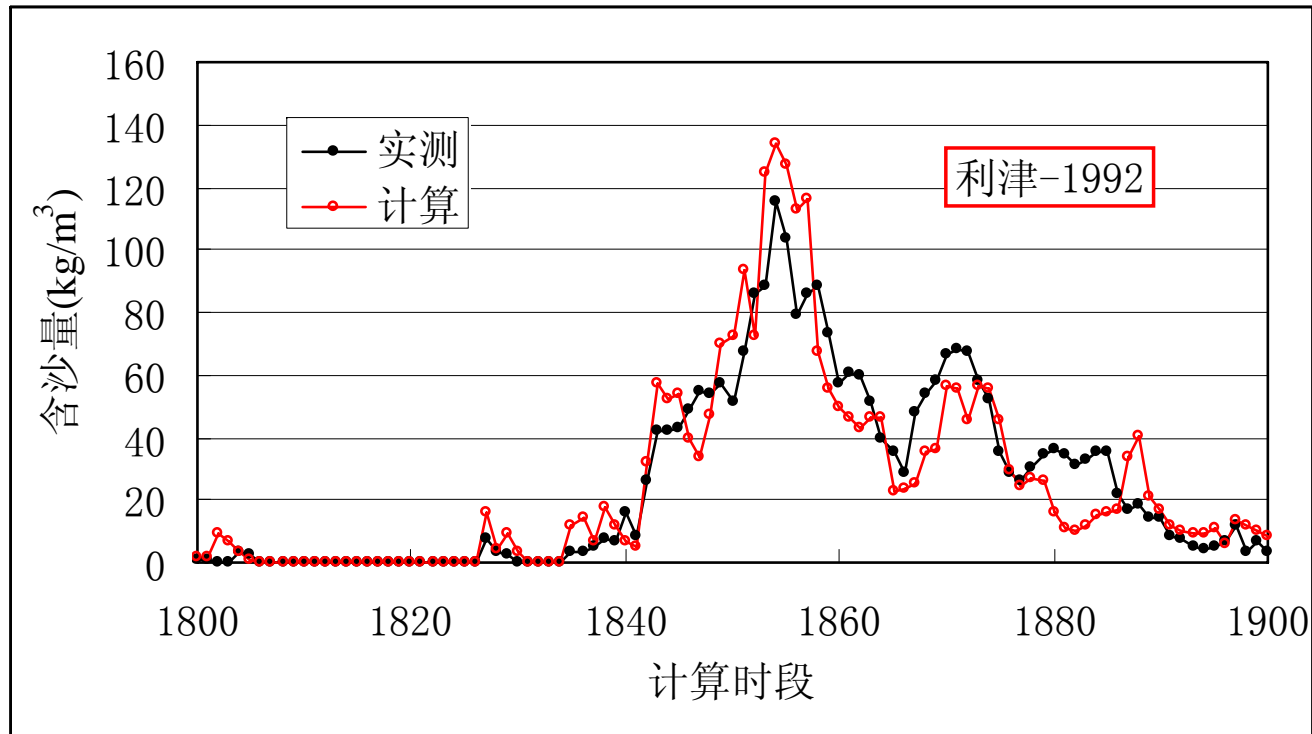
## 黄河下游



计算与实测的1992年高含沙过程比较（艾山水文站）

# 1. 模型率定与验证

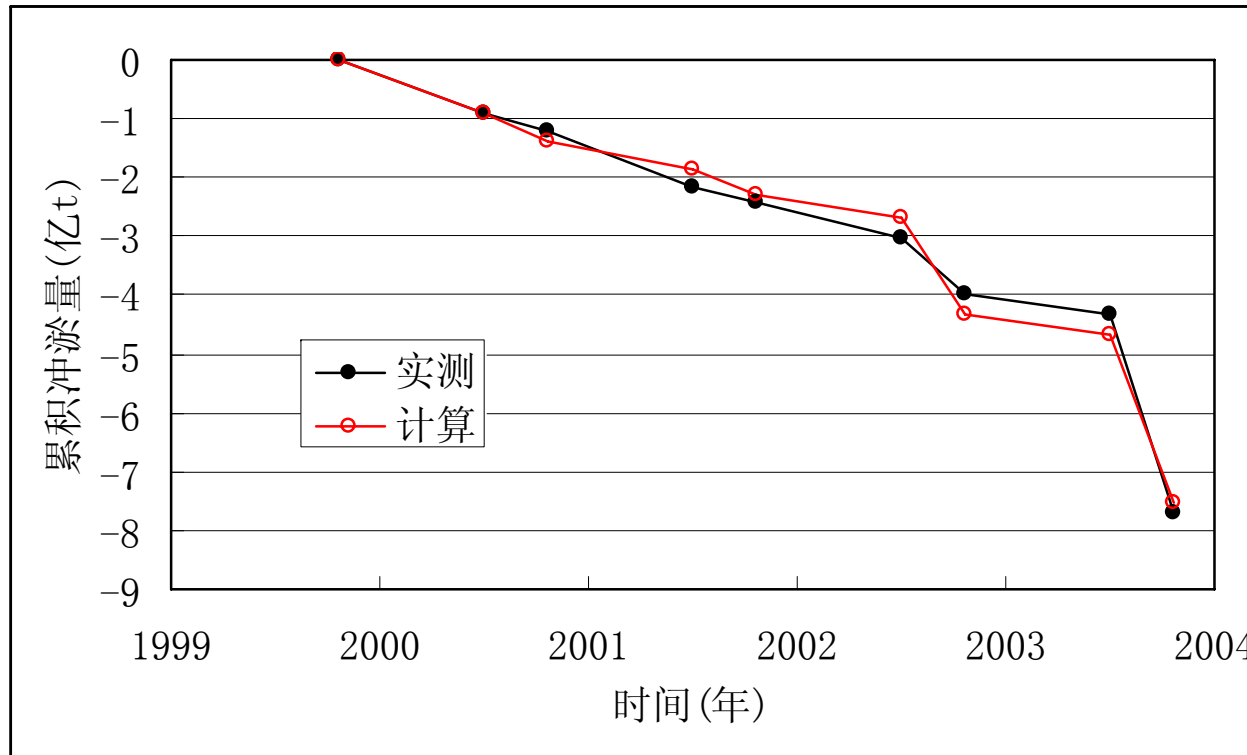
## 黄河下游



计算与实测的1992年高含沙过程比较（利津水文站）

# 1. 模型率定与验证

## 黄河下游

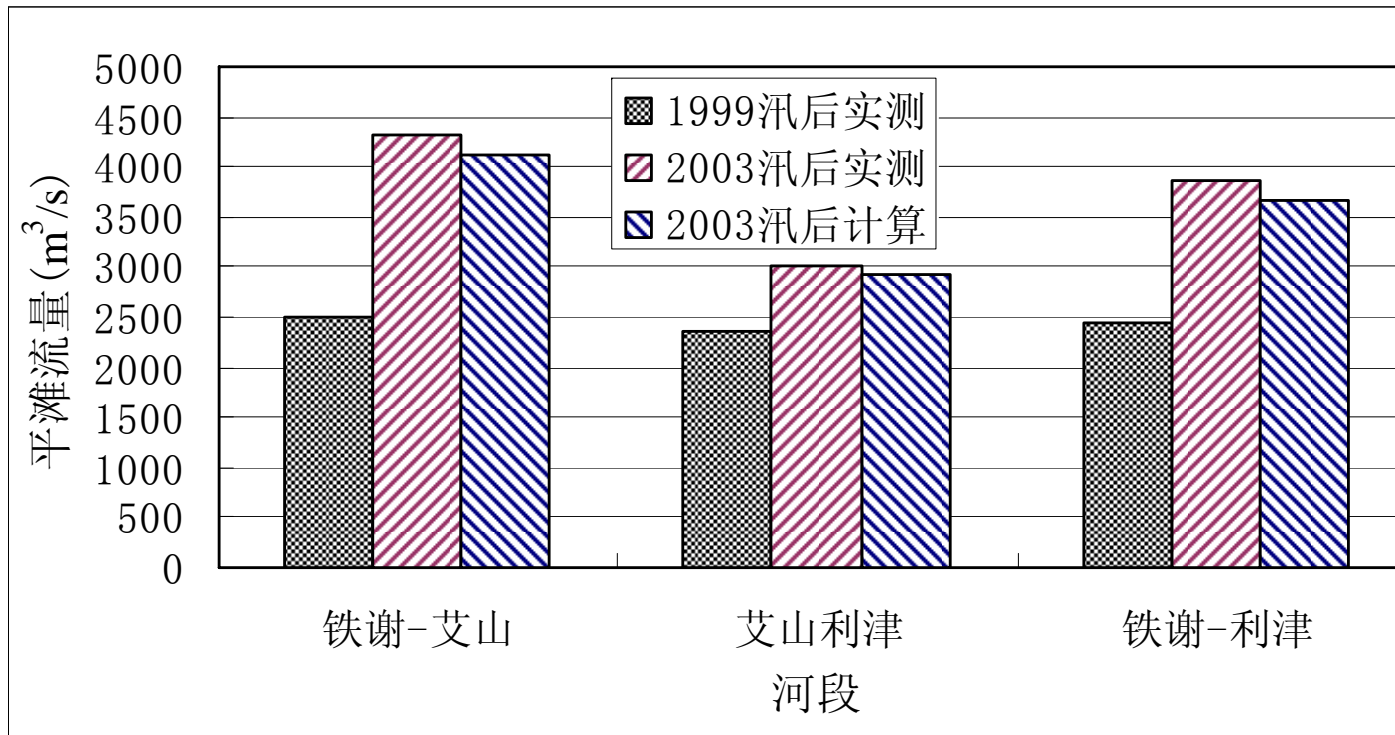


黄河下游铁谢~利津冲淤量的数学模型计算与实测比较（1999~2003）



# 1. 模型率定与验证

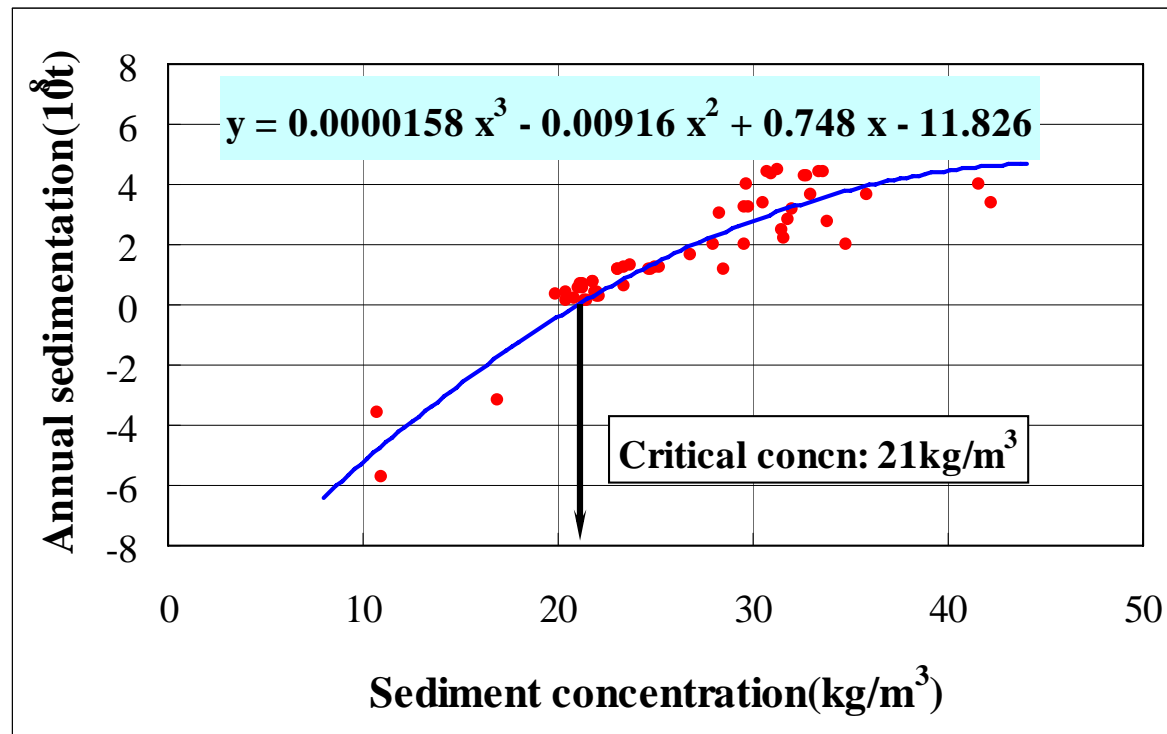
## 黄河下游



黄河下游平滩流量的数学模型计算与实测比较 (1999~2003)

## 2. 黄河下游冲淤临界平衡

多年临界平衡含沙量:  $21\text{kg/m}^3$



## 2. 黄河下游冲淤临界平衡

黄河下游河道泥沙冲淤率与出库含沙量的关系式可表示为：

$$\begin{aligned} SE &= 0.00001583S_c^3 - 0.00916S_c^2 + 0.748S_c - 11.826 \\ &= 1583(W_s / W_q)^3 - 9160(W_s / W_q)^2 + 748W_s / W_q - 11.826 \end{aligned}$$

$SE$ 和 $S_c$ 分别是黄河下游年均冲淤量(亿t)和年均含沙量( $\text{kg}/\text{m}^3$ ),  $W_s$ 和 $W_q$ 分别是年均出库沙量(亿t)和水量(亿 $\text{m}^3$ )。

当 $SE=0$ 时, 对应的含沙量 $S_c$ 和 $W_q/W_s$ 称为黄河下游河道冲淤平衡临界含沙量和临界水沙组合。



## 2. 黄河下游冲淤临界平衡

---

临界含沙量: **21kg/m<sup>3</sup>**

临界水沙组合  $W_q/W_s$  ( $10^8\text{m}^3/10^8\text{t}$ ):

**350/7.35 300/6.3 250/5.25 200/4.2 150/3.15**

## 2. 黄河下游冲淤临界平衡

### 临界指标意义：

尽管黄河的含沙量大于 $21 \text{ kg/m}^3$ ，然而水利枢纽兴建与水土保持力度加大，为把出库含沙量控制在 $21 \text{ kg/m}^3$ 提供了可能。

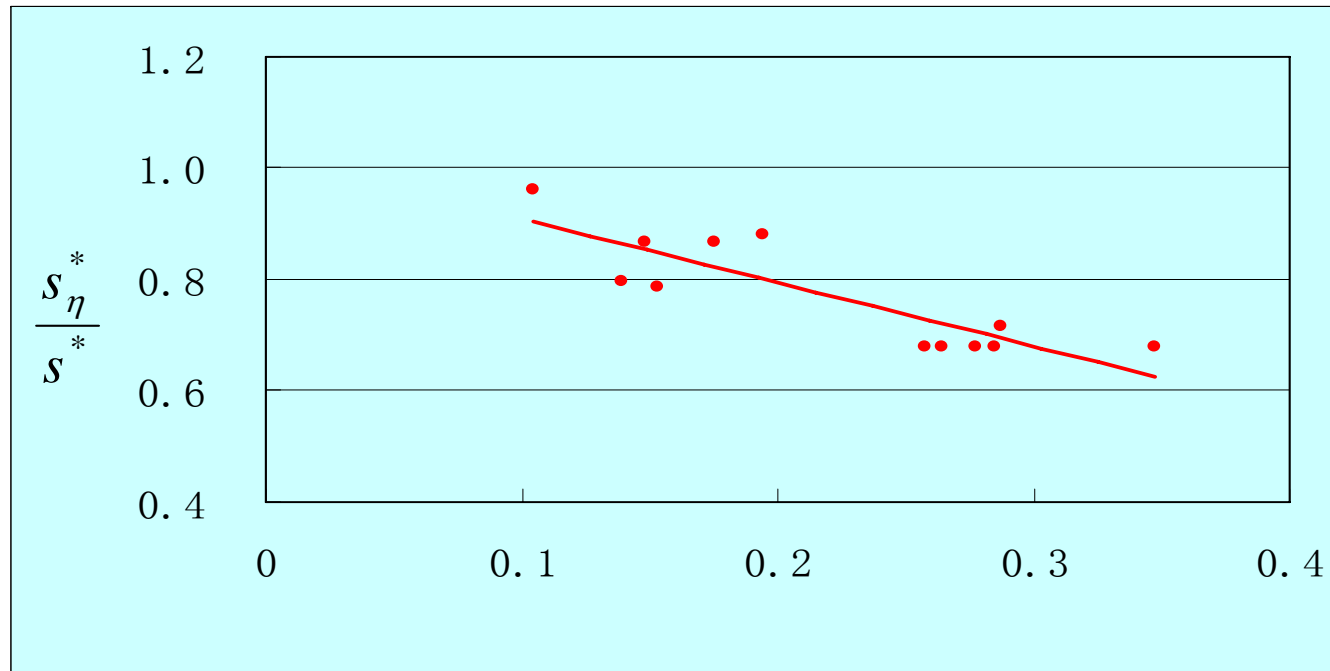
近期，可以通过小浪底水库运用，尽量使出库含沙量接近 $21 \text{ kg/m}^3$ ，从而可以有效减轻下游河道淤积甚至冲刷。

中期，规划中古贤水库一旦投入运用后，可以在一个较长的时期内使小浪底出库含沙量处于 $21 \text{ kg/m}^3$ 左右，继续减轻下游河道淤积。

远期，坚持不懈地实施水土保持是降低含沙量的根本，再加上水利枢纽的调水调沙功能，将来把小浪底出库含沙量降到并维持 $21 \text{ kg/m}^3$ 左右是可能的。果真这样的话，那么长期保持黄河下游“河床不抬高，堤防不决口”是有可能实现的。

## 2. 黄河下游冲淤临界平衡

黄河下游区间引水对河道输沙能力影响



$S^*$  和  $S_{\eta}^*$  分别是引水前后的输沙能力

## 2. 黄河下游冲淤临界平衡

### 黄河下游区间引水对河道输沙能力影响

用1974~1979年共6年实测水沙资料，对不同引水率下，黄河下游河道冲淤进行模拟计算，计算结果见下表：

引水率 (%)	0	5	10	15	20	25	30	35
冲淤量 ( $10^8\text{t}$ )	7.85	8.88	9.68	10.9	11.6	12.4	14.0	15.6
冲淤率* (%)	10.2	11.5	12.6	14.2	15.1	16.1	18.2	20.3

\* 河道冲淤量与来沙量之比

## 2. 黄河下游冲淤临界平衡

### 黄河下游区间引水对河道输沙能力影响

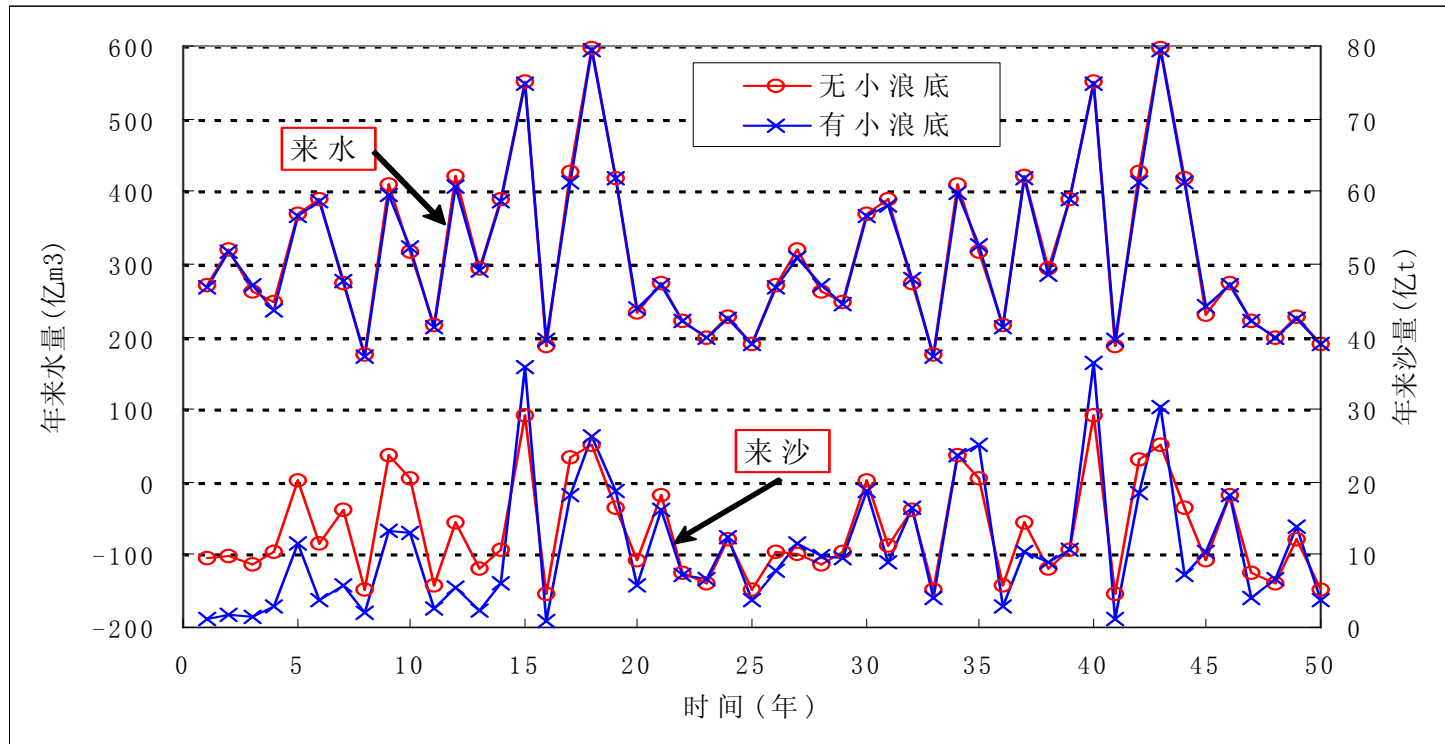
1. 1974~1979年黄河下游河道实际引水率约21%，淤积11.8亿t。假定引水率20%，计算淤积11.6亿t，与实际淤积十分接近。
2. 假定引水率为零时下游河道仍有7.85亿t淤积，但相对实际21%的引水率而言，减少泥沙淤积4亿t，减少幅度为33%。
3. 若区间引水率35%，则河道淤积较实际增加3.8亿t，增幅约32%。
4. 区间引水每增加5%导致淤积率增加1~2%。

管理好黄河下游河道区间用水，避免浪费是缓解河道淤积的一个有效途径！



# 3. 大型水利枢纽减淤作用

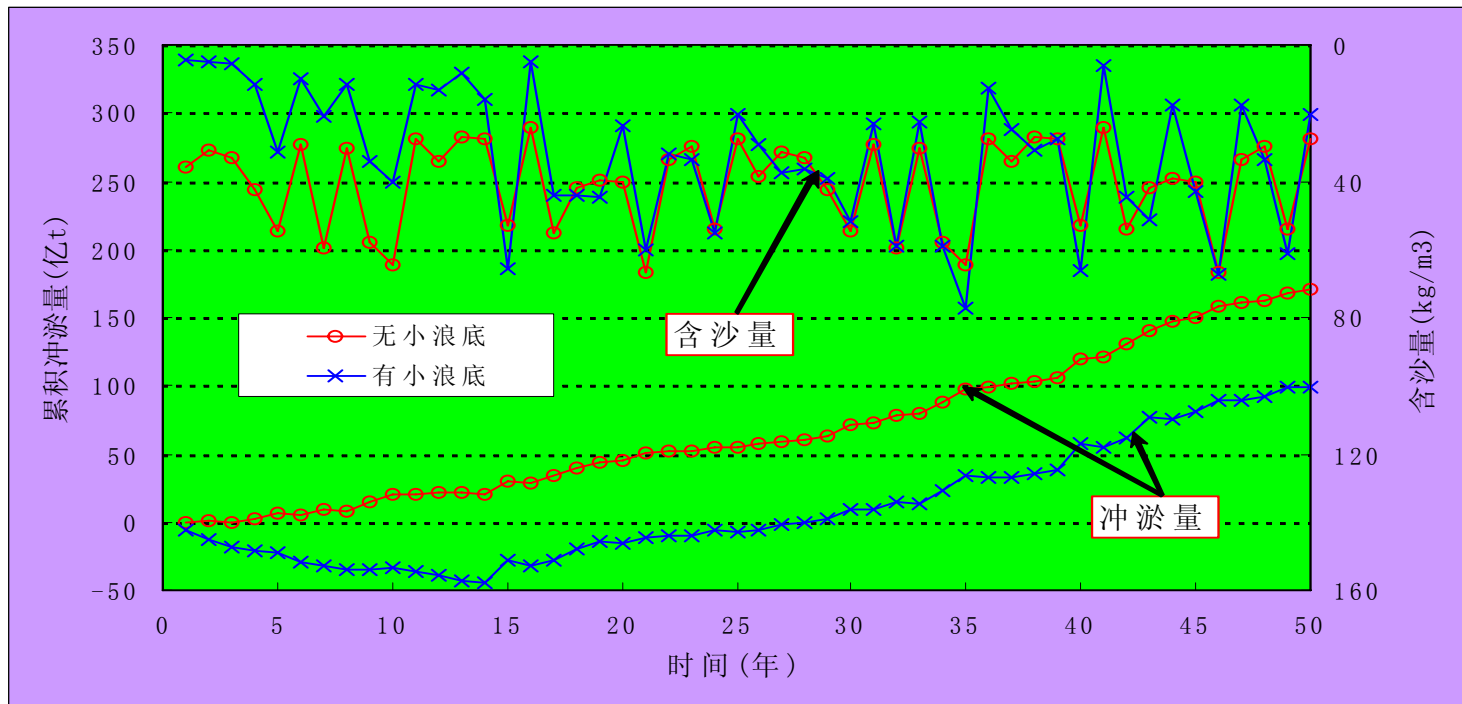
## 小浪底水库运用对黄河下游河道冲淤影响



有无小浪底水库来水来沙过程比较 (5075系列)

# 3. 大型水利枢纽减淤作用

## 小浪底水库运用对黄河下游河道冲淤影响



年均 314.92 13.31 42.265 3.403 / 313.04 10.89 34.788 1.983

有无小浪底水库黄河下游泥沙冲淤过程比较

### 3. 大型水利枢纽减淤作用

#### 小浪底水库运用对黄河下游河道冲淤影响

方案	来水量 (亿m <sup>3</sup> )	来沙量 (亿t)	冲淤量 (亿t)	减淤量 (亿t)	冲刷年限 (年)	不淤年限(年)	
						过程线法	冲淤量法
无小浪底	315	13.3	170.2				
有小浪底	313	10.9	99.2	71.0	14	28	21

有无小浪底水库黄河下游未来50年泥沙冲淤比较

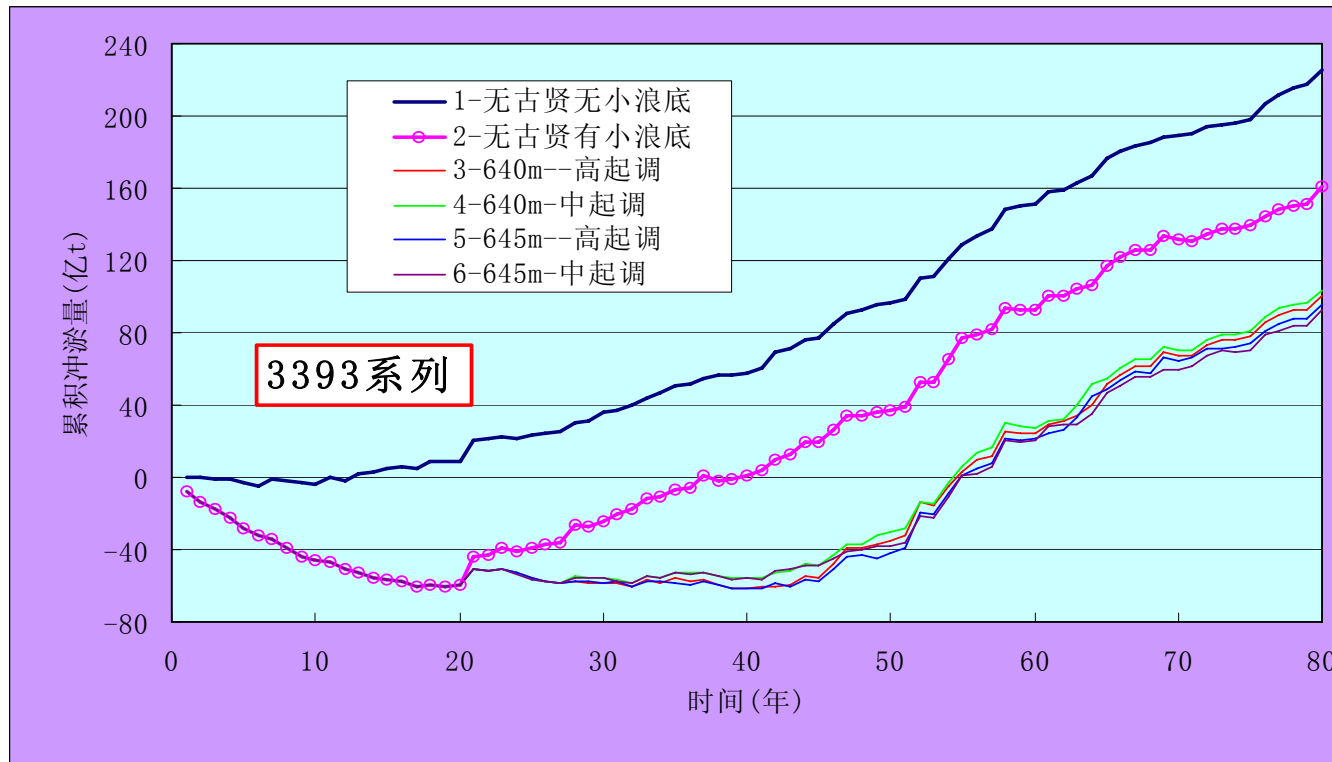
# 3. 大型水利枢纽减淤作用

## 古贤与小浪底水库联合运用对黄河下游影响

方案编号	3393系列	5031系列	8768系列
无古贤无小浪底	1—308.6/9.83	7—282.4/8.89	13—280.7/9.49
无古贤有小浪底	2—307.1/8.59	8—281.2/7.55	14—279.4/8.27
640m, 高起调	3—306.9/7.19	9—281.1/6.12	15—278.9/6.96
640m, 中起调	4—306.4/7.26	10—280.5/6.13	16—278.4/7.03
645m, 高起调	5—306.9/7.07	11—281.1/5.95	17—278.9/6.87
645m, 中起调	6—306.3/7.07	12—280.5/5.96	18—278.4/6.91

# 3. 大型水利枢纽减淤作用

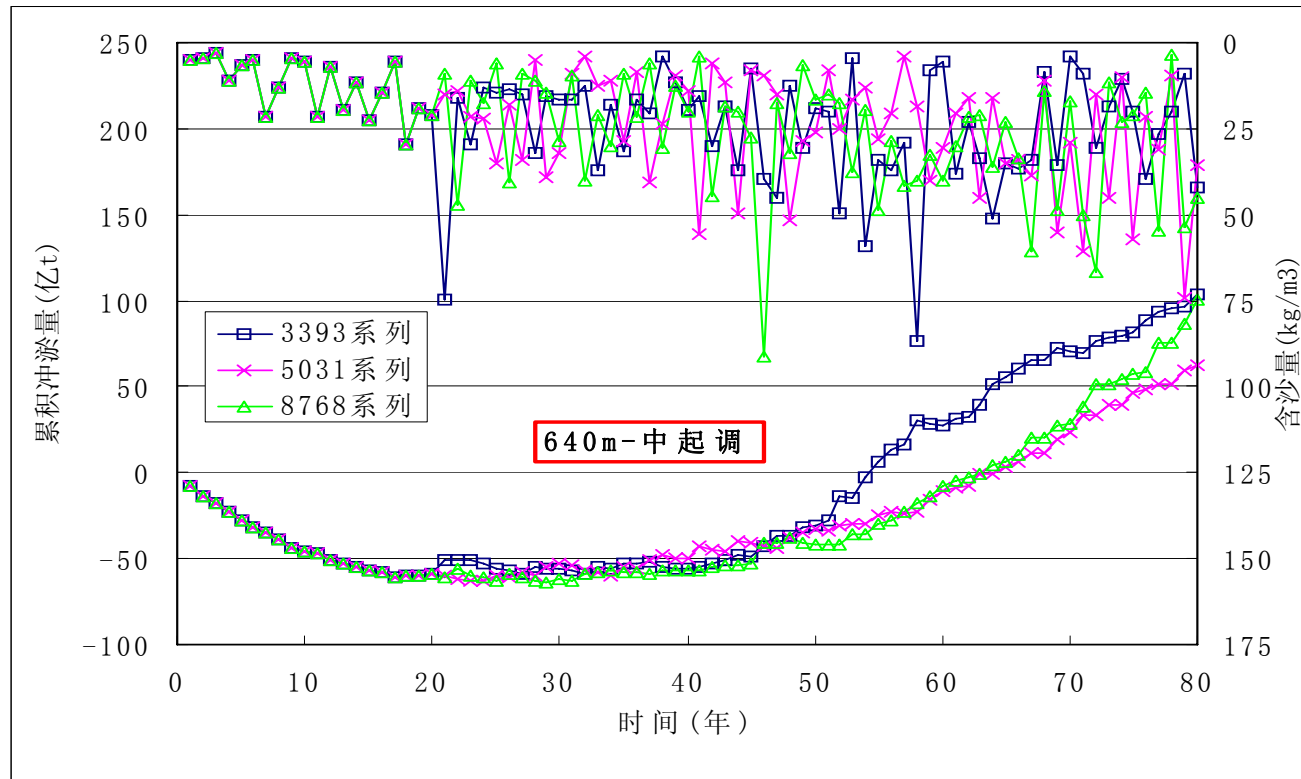
## 古贤与小浪底水库联合运用对黄河下游影响



3393系列条件下未来80年黄河下游冲淤过程比较

# 3. 大型水利枢纽减淤作用

## 古贤与小浪底水库联合运用对黄河下游影响



不同水沙系列条件下古贤640m中起调未来80年黄河下游冲淤过程比较

# 3. 大型水利枢纽减淤作用

## 古贤与小浪底水库联合运用对黄河下游影响

计算条件		冲淤量 (亿t)	减淤量 (亿t)	冲刷年限	不淤年限 (年)	
					过程线法	冲淤量法
3393 系列	无小浪底无古贤	225.1	/			
	小浪底单独运用	160.7	64.4	17~20	36	23
	古贤小浪底联合	92.5~103.8	56.9~68.2	17~20	54	43~47
5031 系列	无小浪底无古贤	199.2				
	小浪底单独运用	132.2	67.0	17~20	37	27
	古贤小浪底联合	54.6~63.2	68.9~77.5	17~20	63~66	55~58
8768 系列	无小浪底无古贤	219.9				
	小浪底单独运用	161.4	58.5	17~20	45	21
	古贤小浪底联合	93.5~101.1	60.3~67.9	17~20	62~65	43~46

## 4. 黄河下游健康水沙通道

### 黄河下游的问题：

黄河下游河道长期处于强烈的淤积抬升状态，河床平均每年抬高0.05~0.10m，现行河床一般高出堤外两岸地面4~6m，最大高出10m以上，形成所谓的“地上悬河”。

80年代中期以来下游来水来沙条件的改变与河道输水输沙的边界条件不相适应，导致了黄河下游河道主河槽淤积严重，平滩流量明显减小，“二级悬河”问题加剧。

黄河下游河道的健康首先就是输水输沙通道的健康。因此，如何塑造并维持一个具有一定过流能力的输水输沙通道成为黄河下游河道治理的关键。

小浪底水库的运用为实现这一目标提供了有利时机，然而小浪底水库运用与下游输水输沙通道关系如何？如何通过小浪底水库运用来塑造和维持健康的水沙通道？这些问题并不清楚。





## 4. 黄河下游健康水沙通道

### 健康输水输沙通道塑造与维持 - 计算条件

- ▶ 利用经过率定和验证的黄河下游河道泥沙数学模型，分析计算不同水沙系列和小浪底水库运用方式对塑造和维持黄河下游健康水沙通道的效果，提出满足恢复和维持下游河道健康输水输沙通道的概化的水沙过程和小浪底水库运用方式。
- ▶ 计算范围从小浪底至利津河段，初始地形采用2004年汛前实测大断面资料，初始河床级配采用2003年汛后实测河床质级配，水沙系列长度均为10年，汛期一天为一个计算时段，非汛期10天为一个计算时段。
- ▶ 三个水沙系列由黄委会设计院提供，按照花园口站调控流量级2600、3600、4600、5600m<sup>3</sup>/s，每个水沙系列包括4个计算方案。

# 4. 黄河下游健康水沙通道

## 健康输水输沙通道塑造与维持—计算条件

水沙系列 调控流量	水沙系列一 170/4.56*	水沙系列二 219/6.94	水沙系列三 276/8.71
2600	0.82/37.5/0.18**	1.54/54.0/0.22	2.72/60.0/0.31
3600	1.06/35.0/0.23	1.96/50.0/0.28	3.58/51.3/0.41
4600	1.06/35.0/0.23	2.28/46.6/0.33	4.37/43.4/0.50
5600	/	2.68/42.6/0.39	5.19/35.2/0.60

表中数据：\* 170/4.56—年均入库水沙量（亿m<sup>3</sup>/亿t）

\*\* 0.82/37.5/0.18--出库沙量/水库淤积量/排沙比（亿t/亿t）

# 4. 黄河下游健康水沙通道

## 健康输水输沙通道—塑造方案

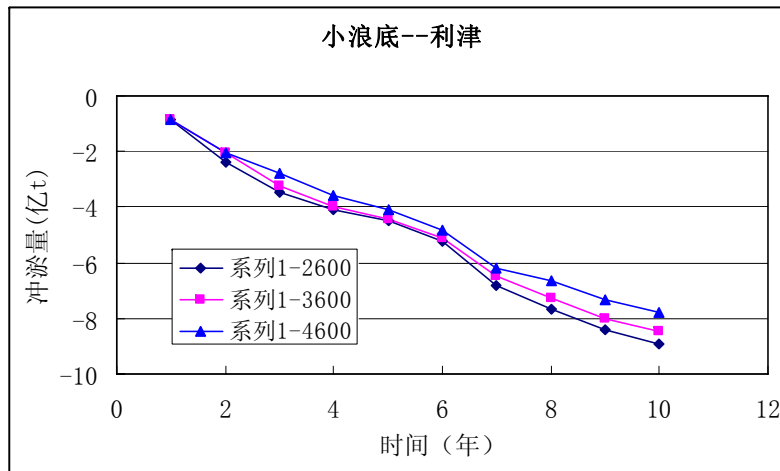
黄河下游不同河段的平滩流量（ $\text{m}^3/\text{s}$ ）—水沙系列一

河段	起始 $Q_f$	调控流量2600		调控流量3600		调控流量4600	
		结束 $Q_f$	变化值	结束 $Q_f$	变化值	结束 $Q_f$	变化值
小花河段	6224.3	8397.6	2173.3	8334	2109.7	8272.9	2048.6
花高河段	4239.7	7189	2949.3	7147	2907.3	7015.9	2776.2
高艾河段	2963.6	4075.9	1112.3	4098.5	1134.9	4034.1	1070.5
艾利河段	3141.3	3175	33.7	3256.6	115.3	3282.4	141.1
全下游	4167	5481.1	1314.1	5502	1335	5456.8	1289.8

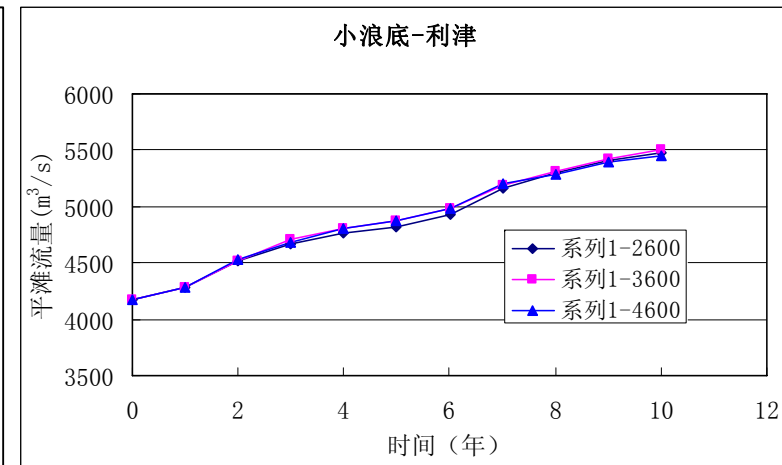
注： $Q_f$ —平滩流量；变化值—结束 $Q_f$  - 起始 $Q_f$

# 4. 黄河下游健康水沙通道

## 健康输水输沙通道—塑造方案



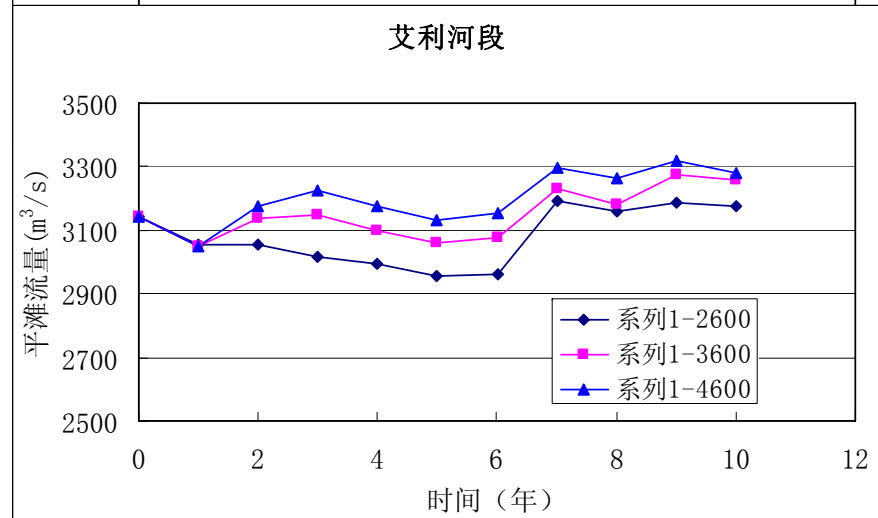
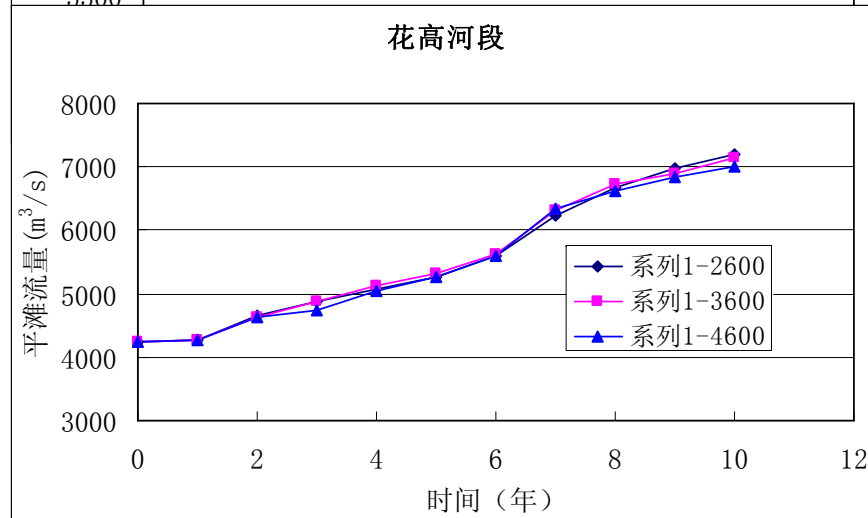
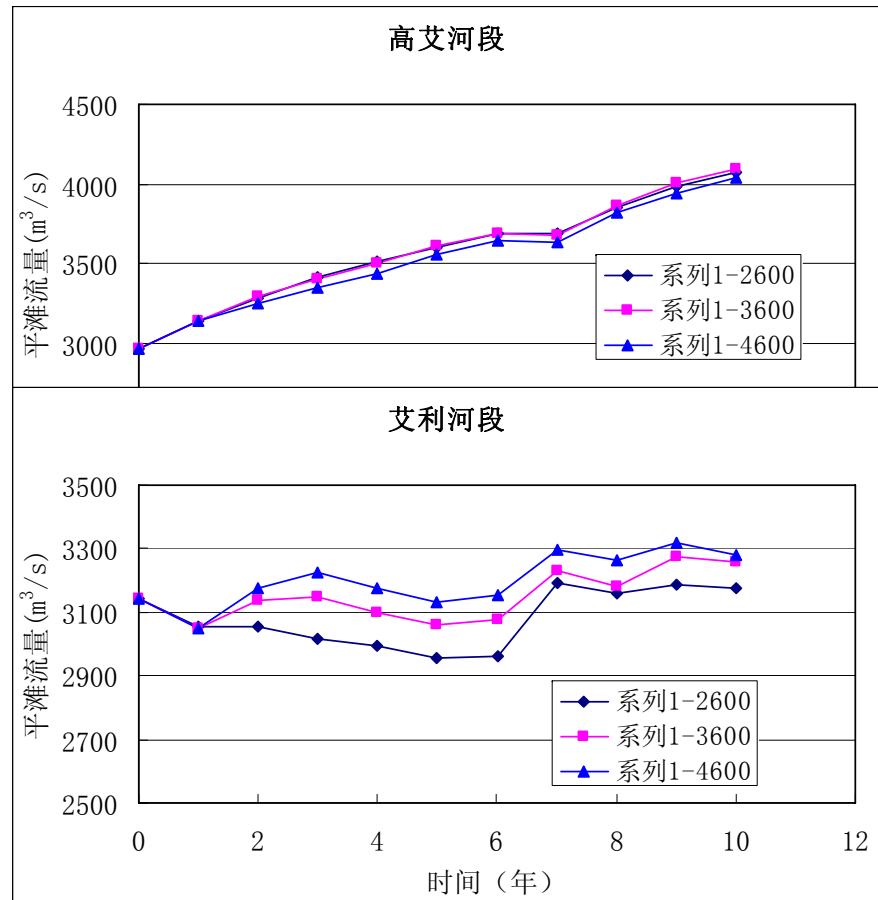
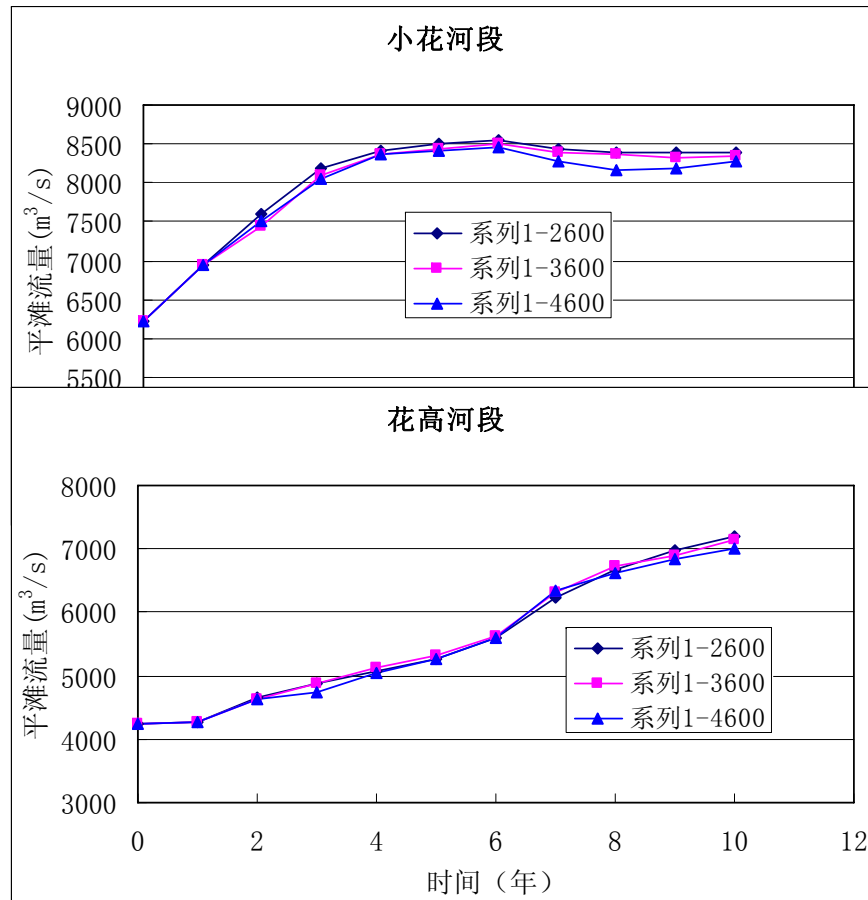
水沙系列一不同方案黄河下游  
河道泥沙冲淤过程



水沙系列一不同方案黄河下游  
河道平滩流量变化过程

# 4. 黄河下游健康水沙通道

## 健康输水输沙通道—塑造方案



# 4. 黄河下游健康水沙通道

## 健康输水输沙通道—塑造方案

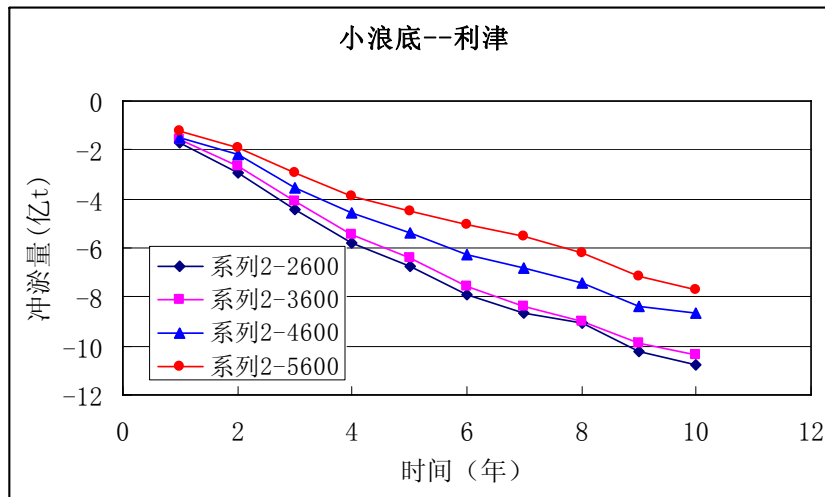
黄河下游不同河段的平滩流量（ $\text{m}^3/\text{s}$ ）—水沙系列二

河段	起始 $Q_f$	调控流量2600		调控流量3600		调控流量4600		调控流量5600	
		结束 $Q_f$	变化值	结束 $Q_f$	变化值	结束 $Q_f$	变化值	结束 $Q_f$	变化值
小花河段	6224.3	8393.3	2169	8320.9	2096.6	8231.2	2006.9	8292	2067.7
花高河段	4239.7	7836.2	3596.5	7774.8	3535.1	7090.3	2850.6	6599.6	2359.9
高艾河段	2963.6	4425.4	1461.8	4297.8	1334.2	4144.7	1181.1	4134.7	1171.1
艾利河段	3141.3	3277.6	136.3	3467	325.7	3586.5	445.2	3705.5	564.2
全下游	4167	5765	1598	5784.3	1617.3	5622.3	1455.3	5563.2	1396.2

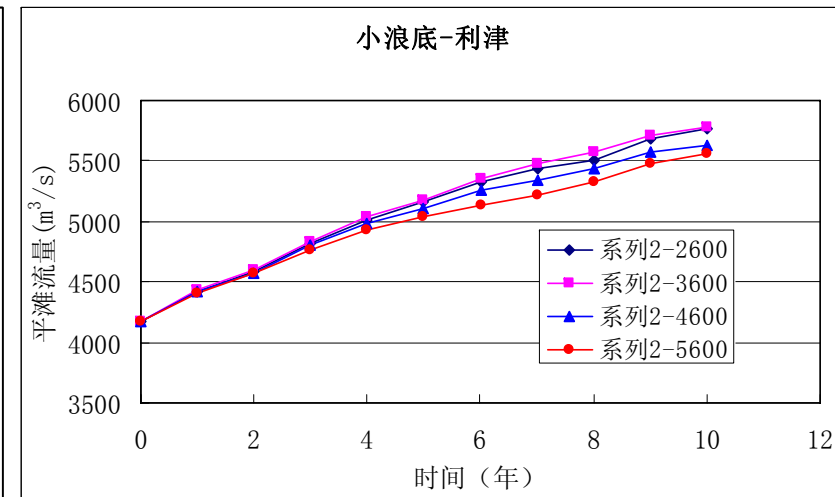
注： $Q_f$ —平滩流量；变化值—结束 $Q_f$ -起始 $Q_f$

# 4. 黄河下游健康水沙通道

## 健康输水输沙通道—塑造方案



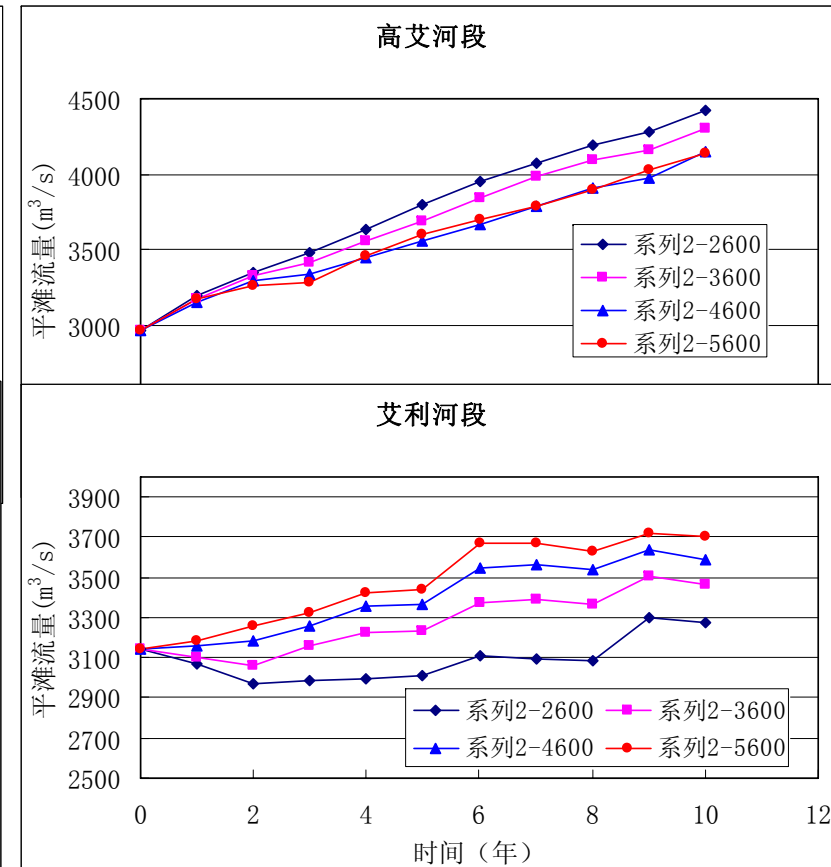
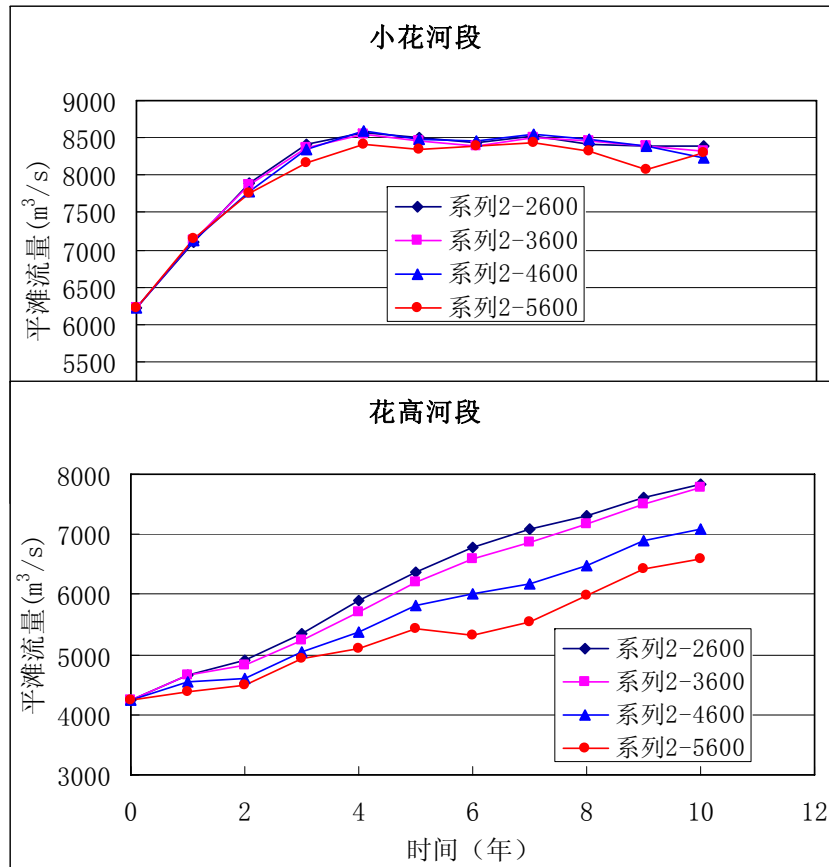
水沙系列二不同方案黄河下游  
河道泥沙冲淤过程



水沙系列二不同方案黄河下游  
河道平滩流量变化过程

# 4. 黄河下游健康水沙通道

## 健康输水输沙通道—塑造方案





# 4. 黄河下游健康水沙通道

## 健康输水输沙通道—塑造方案

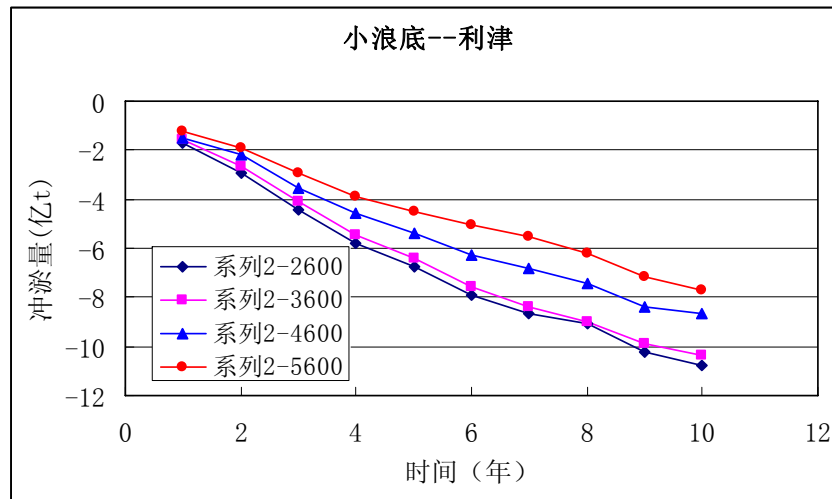
黄河下游不同河段的平滩流量（ $\text{m}^3/\text{s}$ ）—水沙系列三

河段	起始 $Q_f$	调控流量2600		调控流量3600		调控流量4600		调控流量5600	
		结束 $Q_f$	变化值	结束 $Q_f$	变化值	结束 $Q_f$	变化值	结束 $Q_f$	变化值
小花河段	6224.3	8263.6	2039.3	8278.2	2053.9	8099.4	1875.1	7903.9	1679.6
花高河段	4239.7	8028.5	3788.8	6995.8	2756.1	5509.9	1270.2	4809.2	569.5
高艾河段	2963.6	4737.4	1773.8	4344.9	1381.3	4320.1	1356.5	3897	933.4
艾利河段	3141.3	3176.1	34.8	3694.1	552.8	3823	681.7	3877.7	736.4
全下游	4167	5830.6	1663.6	5704.4	1537.4	5379.7	1212.7	5091.3	924.3

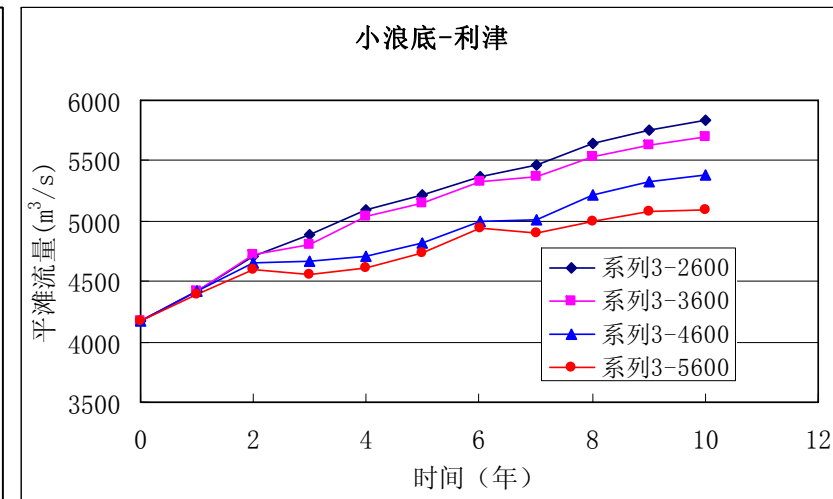
注： $Q_f$ —平滩流量；变化值—结束 $Q_f$ -起始 $Q_f$

# 4. 黄河下游健康水沙通道

## 健康输水输沙通道—塑造方案



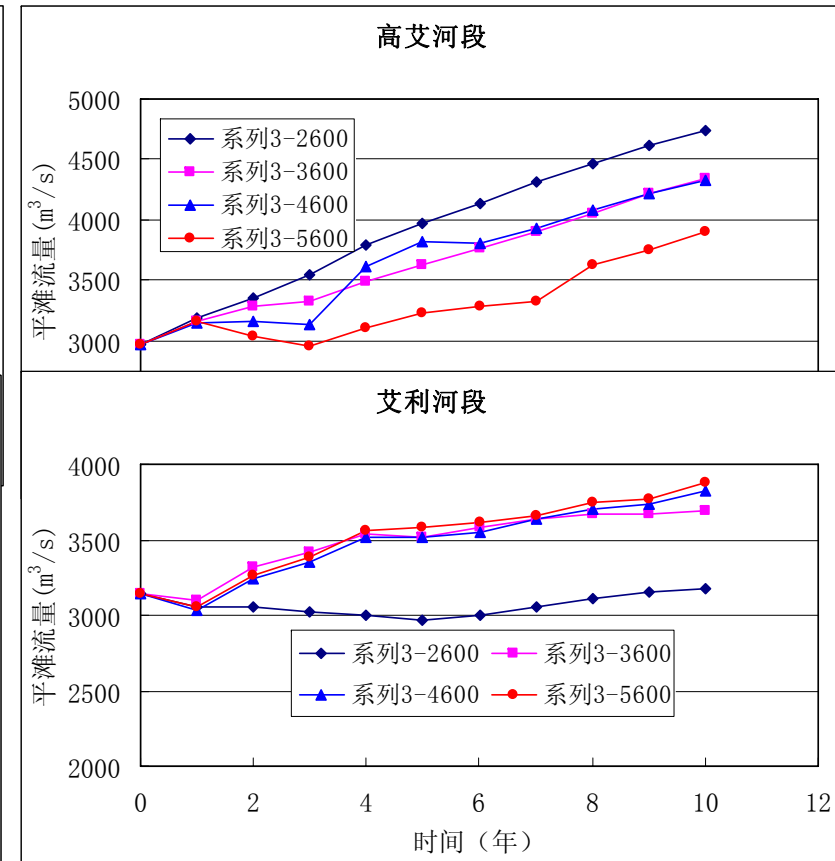
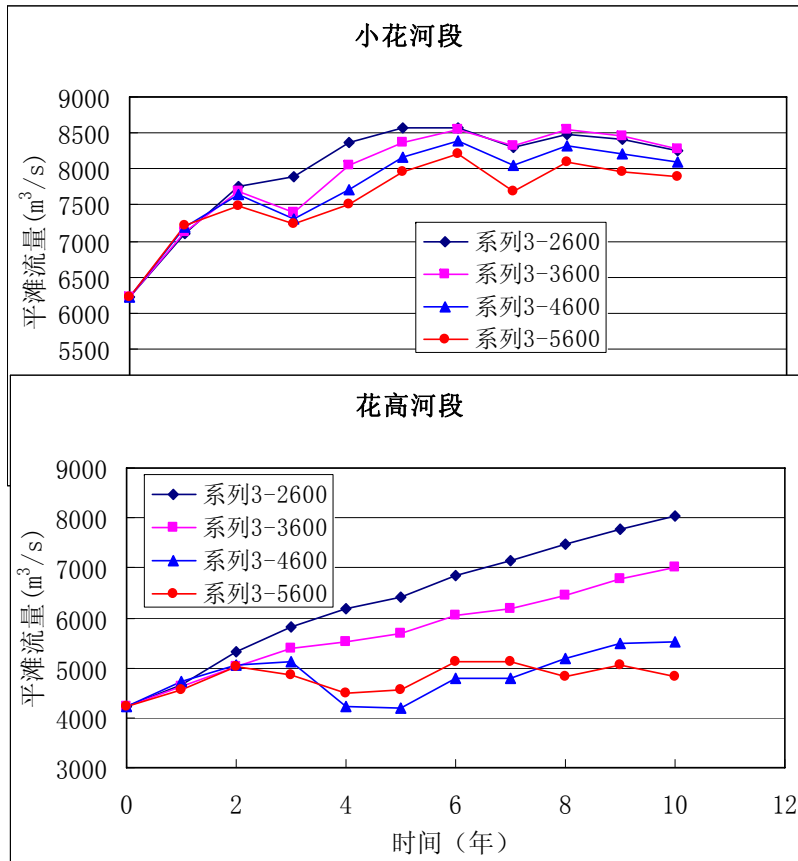
水沙系列三不同方案黄河下游  
河道泥沙冲淤过程



水沙系列三不同方案黄河下游  
河道平滩流量变化过程

# 4. 黄河下游健康水沙通道

## 健康输水输沙通道—塑造方案



# 4. 黄河下游健康水沙通道

## 健康输水输沙通道—塑造方案

10年后，水沙系列一可使黄河下游平滩流量增加 $1300\text{m}^3/\text{s}$ ，水沙系列二可增加 $1400\sim 1600\text{m}^3/\text{s}$ ，水沙系列三可增加 $900\sim 1600\text{m}^3/\text{s}$ ，黄河下游平均平滩流量可达到 $5000\text{m}^3/\text{s}$ 以上，但最小河段（艾利河段）的平滩流量只有 $3200\sim 3900\text{m}^3/\text{s}$ ，均未达到 $4000\text{m}^3/\text{s}$ 。

综合考虑小浪底水库泥沙淤积速率、输沙入海效率和河槽塑造（平滩流量）的要求， $3600\text{m}^3/\text{s}$ 的调控方案是值得推荐的。

黄委会提供的出库水沙系列设计不尽合理。调控流量为 $2600\text{m}^3/\text{s}$ 时，最大出库含沙量仅 $20\text{kg}/\text{m}^3$ ，调控流量 $5600\text{m}^3/\text{s}$ 时，最大含沙量仅 $50\text{kg}/\text{m}^3$ ，没有很好地发挥大流量可以输送大沙量的优点，反而使较小的流量担负一定的输沙任务，坦化了含沙量过程，降低了水流输沙效率。

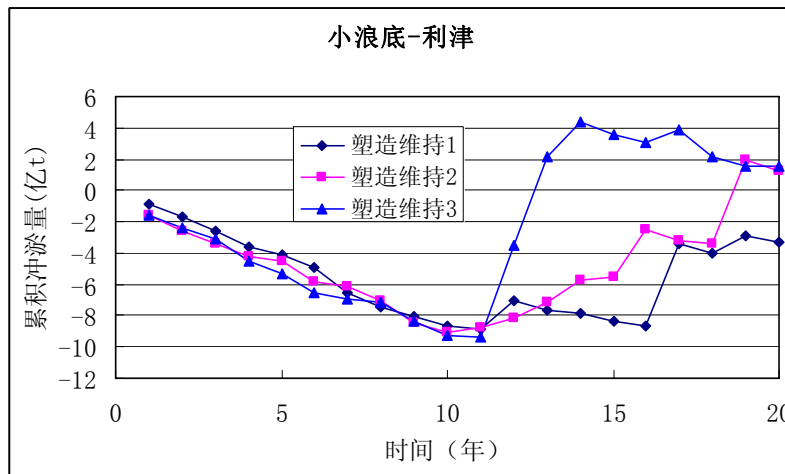
## 4. 黄河下游健康水沙通道

### 健康输水输沙通道—塑造与维持方案

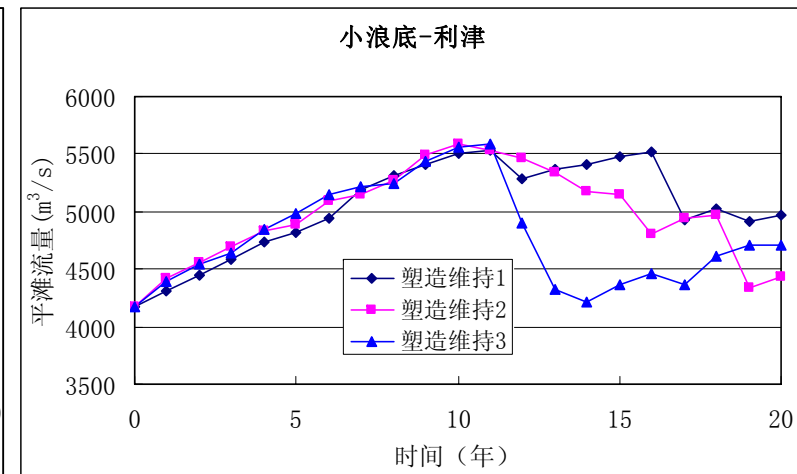
根据前面的三个水沙系列共**11**个塑造方案的计算成果，以三个水沙系列为基础，改进了出库水沙过程，进一步设计了三个塑造和维持方案。这三个方案的时间长度是**20**年，前**10**年通过小浪底水库的拦沙运用尽量塑造出平滩流量**4000m<sup>3</sup>/s**左右的河槽，后**10**年通过小浪底水库的相机排沙运用，使前**10**年塑造的河槽得以维持。

# 4. 黄河下游健康水沙通道

## 健康输水输沙通道—塑造与维持方案



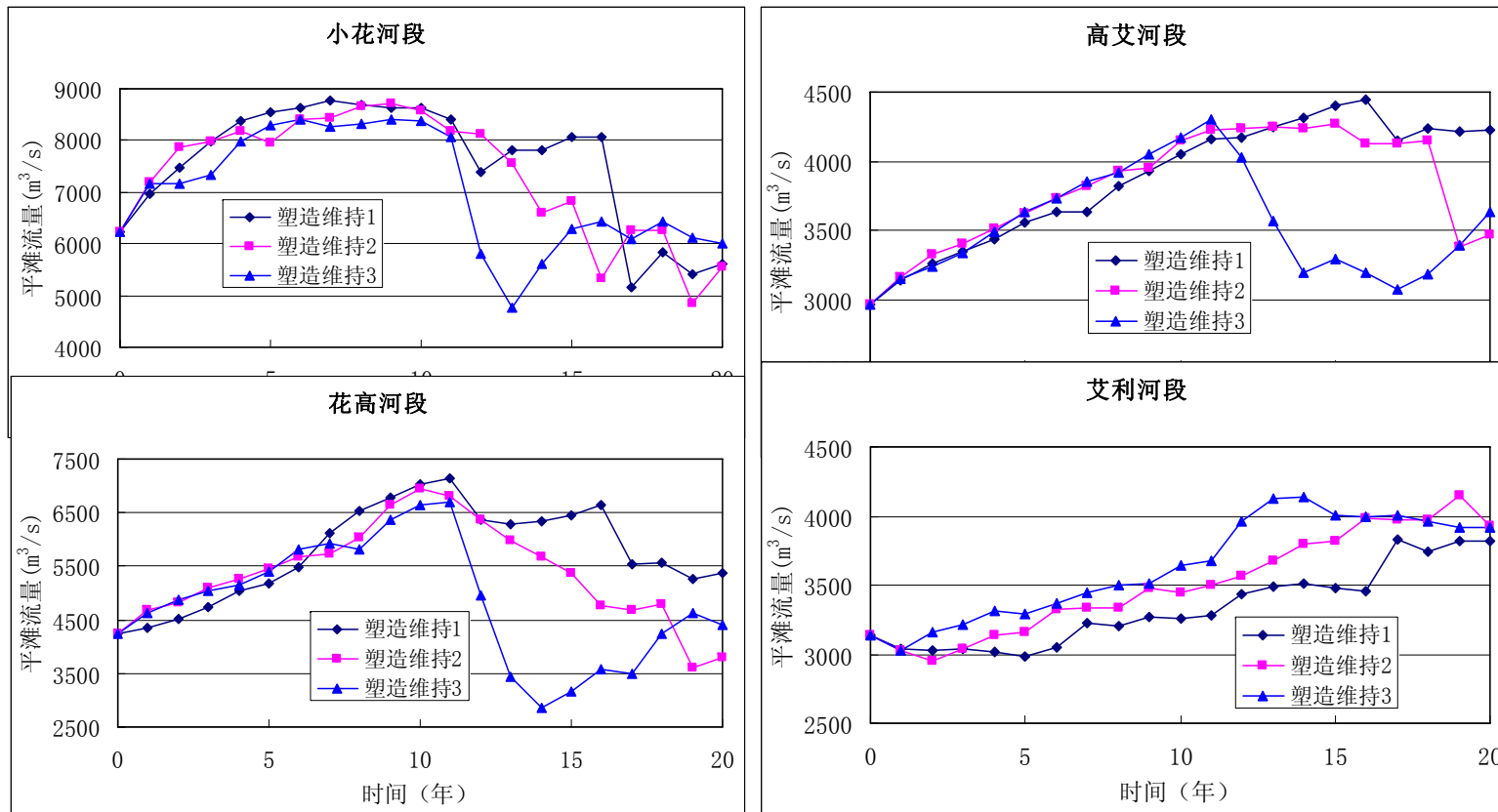
三个塑造维持方案黄河下游  
河道累积冲淤过程



三个塑造维持方案黄河下游  
河道平滩流量变化过程

# 4. 黄河下游健康水沙通道

## 健康输水输沙通道—塑造与维持方案



## 4. 黄河下游健康水沙通道

### 健康输水输沙通道—塑造与维持方案

三个塑造维持方案的计算成果表明，在前10年的塑造阶段，黄河下游河道的过流能力都能持续均匀的增加，但在后10年的维持阶段，由于出库的排沙比较大，前10年塑造的河槽未能维持住，出现了明显回淤。如果以河段最小平滩流量作为黄河下游河道的平滩流量，那么，到第20年时，塑造维持方案1~3条件下黄河下游河道的平滩流量分别约为3800 m<sup>3</sup>/s、3500 m<sup>3</sup>/s和3600 m<sup>3</sup>/s。由此看来，在这样的来水来沙系列和小浪底水库运用方式条件下，可以将黄河下游的平滩流量控制在3500~4000 m<sup>3</sup>/s这样的规模上。



# 4. 黄河下游健康水沙通道

## 健康输水输沙通道—塑造与维持方案

塑造阶段的水沙过程设计比较合理，基本实现了河道连续冲刷，平滩流量稳定增加，河道过流能力不断扩大的目的。但问题是该阶段的冲刷强度太小，使得塑造具有一定过流能力的河槽需要的时间太长。事实上在10年的塑造时间里，下游河道平均平滩流量仅增加 $1300\text{m}^3/\text{s}$ 左右。河道过流能力之所以增加较慢，主要是因为该阶段小浪底水库的排沙比较高，三个方案的排沙比分别是0.53、0.51和0.65，出库水流含沙量较高，分别达到14、16和 $20\text{kg}/\text{m}^3$ ，降低了出库水流对黄河下游河道的冲刷作用。从有利于黄河下游河道排洪输沙的角度来讲，应该利用小浪底水库初期拦沙运用的有利时期，将水库排沙比控制在一个较低水平上，尽快塑造出一个具有一定规模的河槽。

# 4. 黄河下游健康水沙通道

## 健康输水输沙通道—塑造与维持方案

维持阶段设计的水沙过程不尽合理，基本上没有能够使塑造阶段塑造出的河槽平稳地维持下去，三个方案的平滩流量出现了不同程度萎缩，有的方案萎缩得非常严重。出现这种情况的主要原因是，小浪底水库的排沙比过大，三个方案的维持阶段排沙比分别达到了0.84、0.98和0.97，年均含沙量更是高达22.6、30.9和30.7 kg/m<sup>3</sup>。方案2和方案3的排沙比接近1.0，也就是说小浪底水库基本上不拦截泥沙，来多少排多少，使出小浪底水库的水沙条件基本上恢复到小浪底水库修建前的天然状态，在这样的出库水沙条件下，黄河下游河道必然会发生累积性淤积，过流能力大幅度下降是不可避免的。因此，要使塑造阶段的河槽得以维持，小浪底水库的排沙比不能太高，必须降低到一个比较合适的水平，并且年际间的排沙比也不应起伏太大，避免出现大冲大淤。



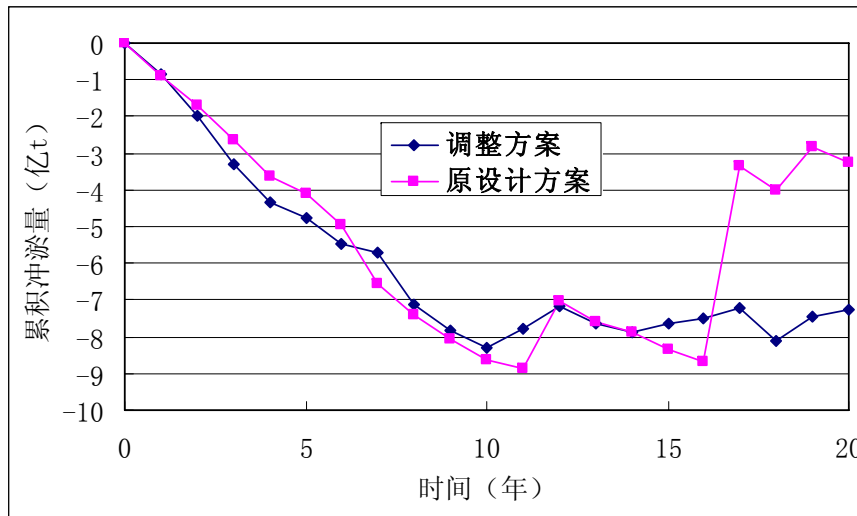
# 4. 黄河下游健康水沙通道

## 健康输水输沙通道—塑造与维持调整方案

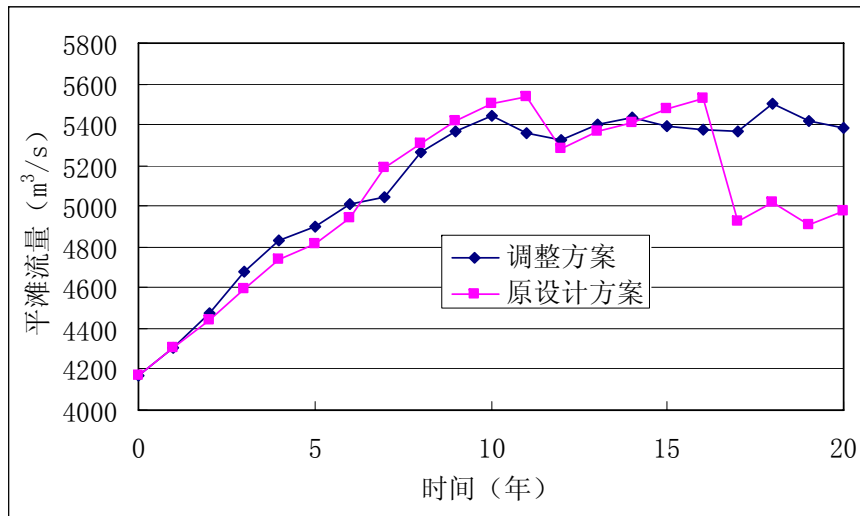
通过前面两部分“塑造方案计算与分析”和“塑造与维持方案计算与分析”的研究，认识到黄河下游河槽的塑造和维持是两个紧密相连的阶段，塑造在先，而且以快速塑造为宜，维持在后，而且以能够尽量长期维持为优。尽管前面设计的塑造与维持方案未能很好地将前期塑造出的河槽维持住，但通过计算成果的分析认识到，在塑造阶段小浪底水库的排沙比控制在0.3比较合适，而在河槽的维持阶段，排沙比也不能太高，小浪底水库必须承担一定的拦沙功能，排沙比控制在0.7是比较理想的。为此，以水沙系列一为例，在原设计的塑造与维持方案1的基础上，不改变出库流量过程，仅仅调整小浪底水库的排沙比，重新设计一个塑造与维持水沙系列，形成塑造与维持调整方案，以实现黄河下游河槽快速塑造和长期维持的目的。

# 4. 黄河下游健康水沙通道

## 健康输水输沙通道—塑造与维持调整方案



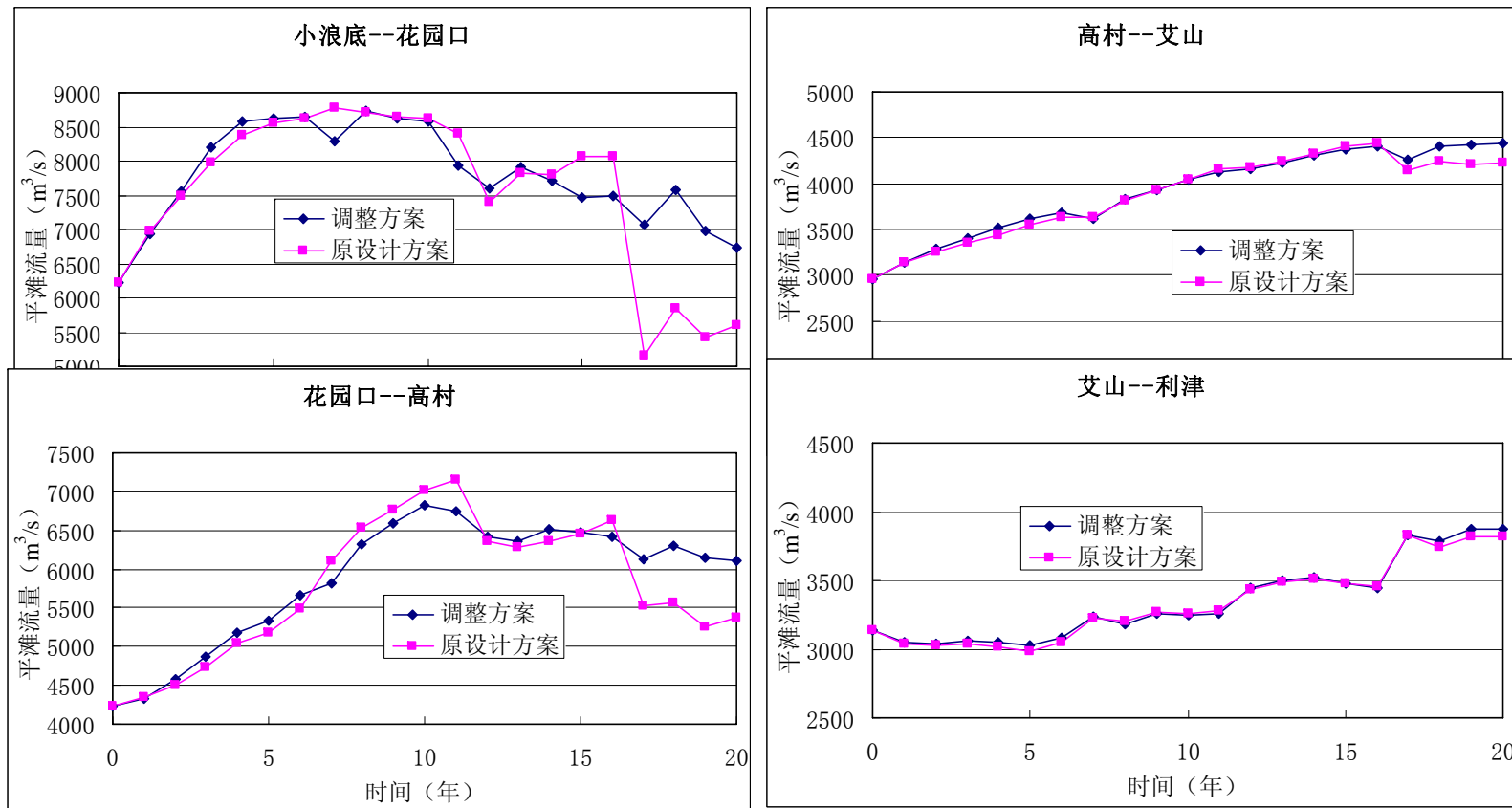
调整方案与原设计方案的黄河下游河道泥沙冲淤比较



调整方案与原设计方案的黄河下游河道平滩流量变化过程比较

# 4. 黄河下游健康水沙通道

## 健康输水输沙通道—塑造与维持调整方案





## 5. 主要认识

---

- (1) 黄河泥沙数学模型通过了三门峡水库和黄河下游长系列的实测冲淤量和含沙量检验，能够合理模拟黄河水库和河道的泥沙冲淤过程、高含沙水流输沙和主槽平滩流量变化，为数学模型全面应用于黄河水库和河道泥沙冲淤演变研究打下良好基础。
- (2) 黄河下游区间引水对河道输沙能力有一定影响。研究表明，淤积量随着区间引水增加而增加，区间引水每增加5%将导致淤积率增加1~2%左右。因此，合理高效使用区间水资源，避免浪费是减轻河道淤积的一个有效途。



## 5. 主要认识

- (3) 利用5075水沙系列分别对无小浪底和有小浪底黄河下游河道未来50年泥沙冲淤变化计算成果表明：在小浪底水库单独运用情况下，黄河下游先冲后淤，至第14年冲刷达到最大，此后回淤，至第28年左右下游河道累积冲淤量为零，也就是说在小浪底水库运用可以维持黄河下游河道28年不抬高，50年累计减淤71.0亿t。
- (4) 古贤水库对黄河下游具有明显减淤作用，在不同水沙和不同水库运用条件下，与小浪底水库单独运用相比，可以使黄河下游再减淤55~78亿t泥沙，使不淤年限按过程线法由小浪底水库单独运用时的36~45年延长至54~66年，按冲淤量法由21~27年延长至43~58年。



## 5. 主要认识

(5) 初步建立了黄河下游河道泥沙冲淤量与小浪底站含沙量之间的关系式。得到了黄河下游冲淤临界平衡含沙量为  $21\text{kg}/\text{m}^3$  和临界水沙组合。当多年平均含沙量大于这个临界值时会发生淤积，反之则发生冲刷。临界含沙量指标具有重要的实际意义，它告诉我们如果通过适当的措施（如在黄河中上游修建水利枢纽拦截泥沙，或进行水土保持减少进入黄河的泥沙）使出小浪底水库出库含沙量接近这个临界值就可以使黄河下游河道长期维持冲淤平衡，实现“河床不抬高”的目标。应该明确的是黄河下游冲淤临界平衡含沙量或水沙组合是对较长时间而言的（如5年以上），对于一个汛期或非汛期，该临界指标可能不具实际意义。





## 5. 主要认识

---

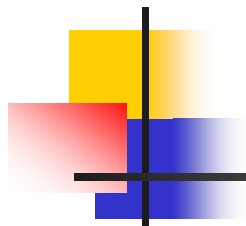
- (6) 黄河下游河槽的塑造和维持是两个紧密相连的阶段，塑造在先，以快速塑造为宜，维持在后，以能够尽量长期维持为优。
- (7) 通过小浪底水库运用来塑造并维持一个健康的输水输沙通道是可能的，在塑造阶段小浪底水库应该大幅度拦沙，水库的排沙比不应太高，控制在0.3左右比较合适，待设计的河槽塑造成功以后，立即转入河槽维持阶段，这时，小浪底水库仍然需要部分拦沙，但排沙比可以适当提高，控制在0.7左右比较合适。



# 主要认识

---

- (8) 通过小浪底水库运用，优化出库水沙过程，可以在不显著增加小浪底水库淤积的条件下，能够使黄河下游河槽的塑造和维持得到显著的改善，这对于小浪底水库的优化调度运用以及黄河下游河槽的塑造与维持具有重要的现实意义和指导意义。



谢谢指导