

# 水库概述与水库泥沙淤积

---

郭庆超

中国水科院泥沙所  
**2007年10月**



# 内容

---

## 1. 水库概述

基本事实，水库功能，社会环境影响

## 2. 水库泥沙淤积

水库淤积形态，淤积严重性，淤积影响，淤积控制，水库异重流及排沙，水库运用方式与泥沙淤积（三门峡水库为例）

# 1. 水库概述

## ◆ 基本事实

- ▶ 世界上坝高**15m**以上的水库总数为**49697**，分布于**140**多个国家中。
- ▶ 水库的总库容为**186406**亿M<sup>3</sup>，水电装机总量达**7285**亿W。

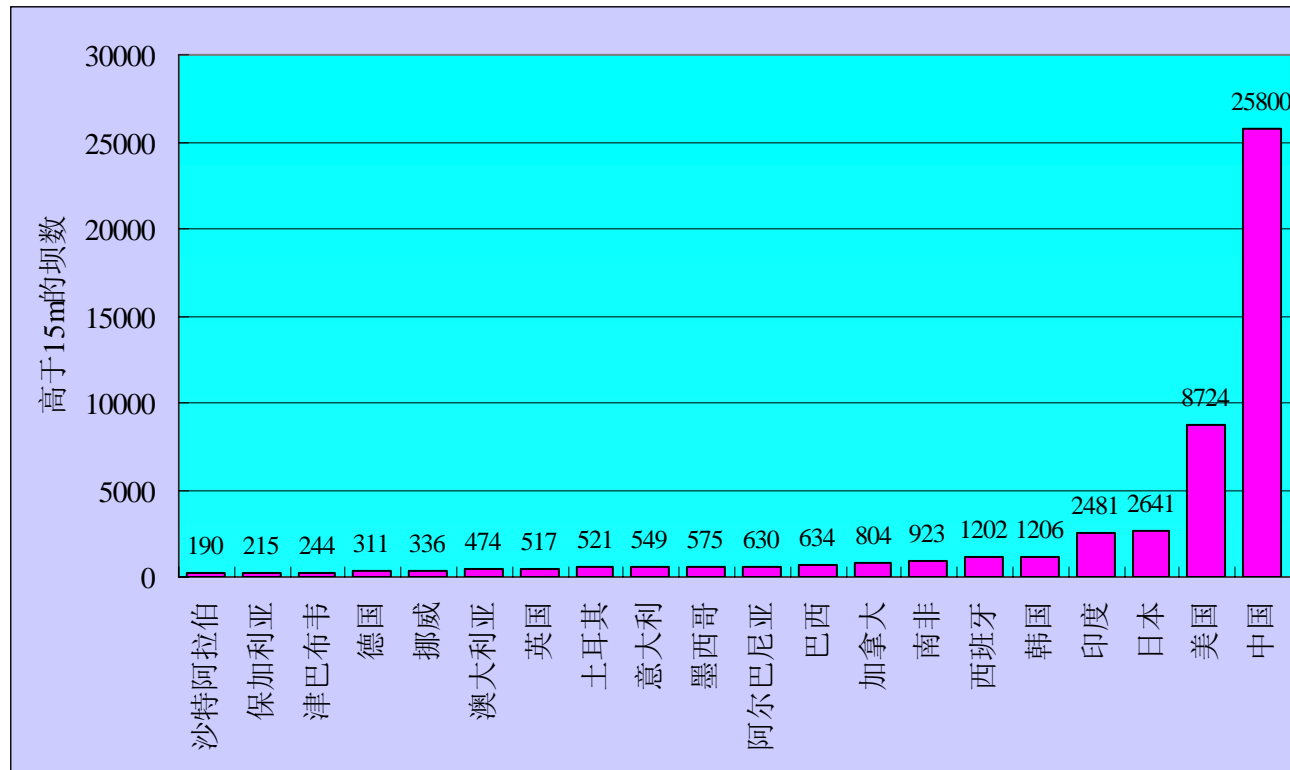
坝高超过**15m**的水库数量统计  
(by 2003, source: ICOLD)

	Over 15m	>30m	>100m	>150m
中国	25800	4694	108	24
世界	49697	12600	670	155

# 1. 水库概述

## ◆ 基本事实

### 世界上建坝最多的20个国家



坝高超过15m的水库数量

# 1. 水库概述

## ◆ 基本事实

世界上库容最大的六个水库(亿M<sup>3</sup>)

Country	Reservoir Name	River	Water storage capacity
Russia	Bratskoye Reservoir	The Angara River	1693
Egypt and Sudan	Aswan High Dam Reservoir	The Nile River	1620
Zambia and Zimbabwe	Lake Kariba	The Zambezi River	1600
Ghana	Volta Lake	The River Volta	1480
Canada	Manicouagan Reservoir	Manicouagan River	1420
Venezuela	Guri Reservoir	Caroni River	1357

(Source: <http://www.ilec.or.jp/database/index/idx-lakes.html>)

# 1. 水库概述

## ◆ 基本事实

水力装机容量最多的4个国家 (GW)

China	USA	Brazil	Canada
82.7	75.5	67.1	64.0

水力发电量最多的4个国家（截止 2002年，亿kwh）

Canada	USA	Brazil	China
353	308.8	300	280

# 1. 水库概述

## ◆ 基本事实

已建和在建不同坝型的最高坝 (m)

Country	Dam Style	Height (existing)	Under construction
Switzerland	Concrete gravity dam	285	
Russia	Arched concrete dam	271.5	292 (China)
Russia	Earth rock dam	335	
Russia	Concrete gravity arch dam	245	
Mexico	concrete-faced rockfill dam	187	233(China)
Colombia	RCC Gravity Dam	188	216(China)
Canada	Concrete buttressed dam	214	

# 1. 水库概述

## ◆ 基本事实

世界上装机最大的八个水电站

Country	Hydropower Stations	River	Total installed capacity (MW)	Elect. generation (Twh /year)
China	Three Gorges	Yangtze River	18200	84.68
Brazil and Paraguay	Itaipu	Parana River	12600	71
USA	Grand Coulee	Columbia River	10830	20.3 (initial stage)
Venezuela	Guri	Caroni River	10300	51
Brazil	Tucurui	Tocantins River	8000	32.4 (initial stage)
Canada	La Grande Stage II	La Grande River	7326	35.8
Russia	Sayano-Shushensk	Yenesei River	6400	23.7
Russia	Krasnoyarsk	Yenesei River	6000	20.4



# 1. 水库概述

## ◆ 基本事实

- 世界上水电开发程度
- 法国、瑞士、美国和加拿大超过**60%**
  - 挪威的电力几乎**100%**来自于水力发电
  - 发展中国家水电开发程度相对较低

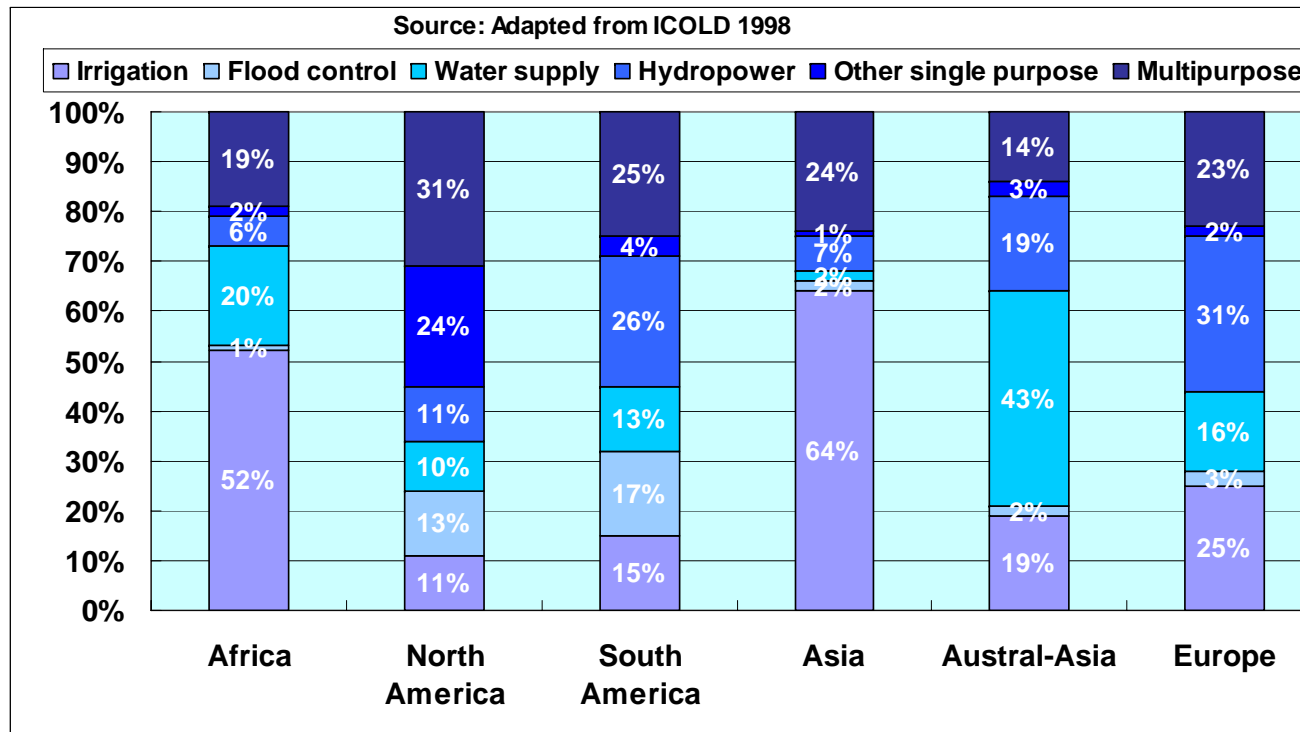
国家	实际开发占经济可开发%	水电占总电力%	理论蕴藏与实际开发比
France	100	20	1.15
Switzerland	91	80	/
United States	77	10	1.82
Canada	65	63	3.81
Norway	56	100	5.77
Brazil	33	91.7	5.4
India	33	25	4.2
Indonesia	32	14	31.3
China	15	17	10.1
World total	<36	19	18.34

Sources: World Energy Conference, UN, MIT Energy Lab, Paul Scherrer Institute

# 1. 水库概述

## ◆ 水库功能

水库的功能包括：防洪、灌溉、供水、发电、航运、养殖、景观和娱乐等。



不同地区现有水库功能分布

# 1. 水库概述

## ◆ 水库功能

水库数最多的10个国家的水库按照功能分类情况统计

By number of large dams		By function			
		Irrigation	Water supply	Flood control	Hydropower
1	China	China	United States	China	China
2	United States	India	Unite Kingdom	United States	United States
3	India	United States	Spain	Japan	Canada
4	Spain	Korea	Japan	Brazil	Japan
5	Japan	Spain	Australia	Germany	Spain
6	Canada	Turkey	Thailand	Romania	Italy
7	Korea	Japan	South Africa	Mexico	France
8	Turkey	Mexico	Brazil	Korea	Norway
9	Brazil	South Africa	France	Canada	Brazil
10	France	Albania	Germany	Turkey	Sweden

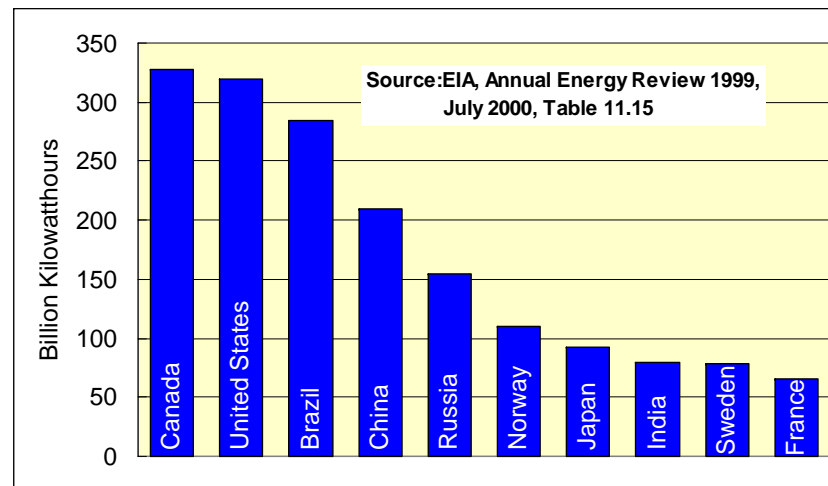
Note: This table shows that China, India and the United States have outpaced the world in building large dams based on ICOLD 1998 and WCD correction for China.

# 1. 水库概述

## ◆ 水库功能

### ➤ 水电的优越性——提供能源:

- ✓ 世界范围内，**20%**的电力由来自于水电
- ✓ 挪威的用电几乎**100%**来自于水电
- ✓ 巴西、新西兰、加拿大水电比例超过**60%**
- ✓ 水利发电寿命长，通常在**50**年以上
- ✓ 水电可以方便地用于电网的峰谷调节



# 1. 水库概述

## ◆ 水库功能

### ➤ 水电的优越性——利于环境保护:

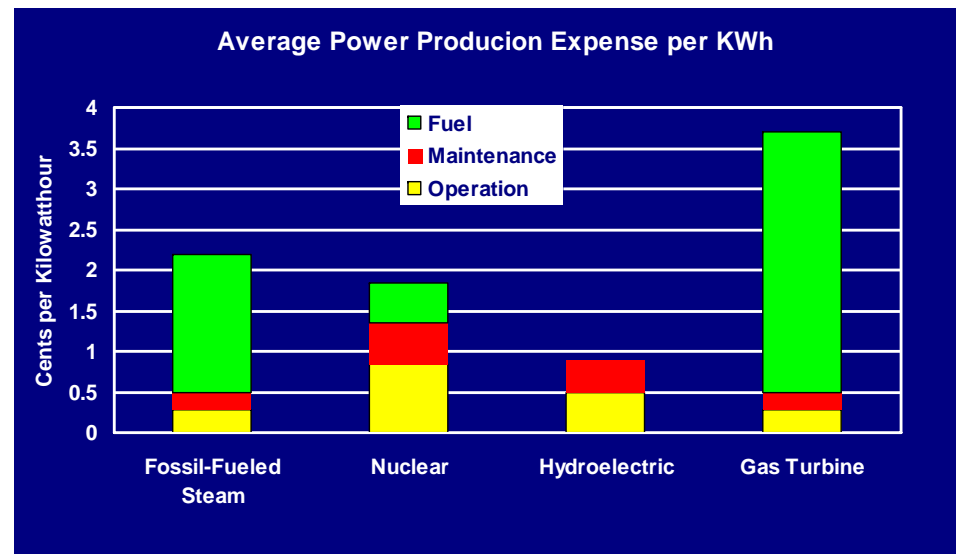
- ✓ 水电是清洁能源，不产生污染物
- ✓ 水电是产生最少温室气体的能源，生产同样的电力，水电所产生温室效应不到煤电的**1/60**，不到天然气发电的**1/18**。
- ✓ 水电是可再生资源，占有所有可再生资源发电的**97%**。

# 1. 水库概述

## ◆ 水库功能

### ▶ 水电优越性——低成本

- ✓ 运行和维护费用最低
- ✓ 水力发电效率很高，水轮机可以将**90%**的水能资源转化为电力资源
- ✓ 生产每度电的费用：水电只占核电的**50%**，占火电的**40%**，占天然气发电的**25%**。
- ✓ 水电不受煤、石油、天然气的价格上升和波动影响



# 1. 水库概述

## ◆ 社会环境影响

- 对社会影响：水库蓄水以后，淹没大量土地，导致移民、耕地减少、工业搬迁、历史古迹灭失等
- 对生物多样性影响：改变水生生态环境、影响鱼类迁徙繁殖、影响动植物的河槽和漫滩生存环境等
- 水化学改变：重金属吸附与解析、溶解氧、硝酸盐、毒菌传染等
- 容易引起安全问题：水库诱发地震危险、大坝结构毁坏危险等
- 改变天然水文过程：增加蒸发量、改变水流和洪水过程、库区泥沙淤积、水库下游河道冲刷等



## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库淤积形态

---

水库泥沙淤积三种形态:

- 三角洲淤积
- 锥体淤积
- 带状淤积

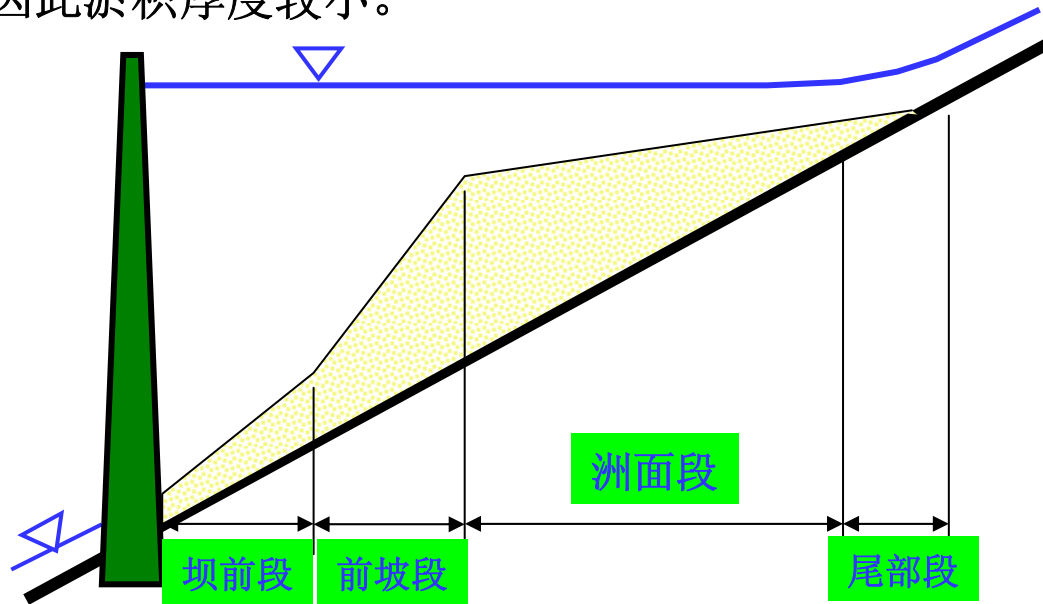


## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库淤积形态

#### ➤ 三角洲淤积:

- ✓ 形成条件: 水库运用水位高且比较稳定, 变动回水区长。
- ✓ 特性: 包括尾部段、洲面段、前坡段、坝前段, 淤积物及配沿程分选明显, 自尾部至坝前逐渐变细, 由于进入坝前段泥沙量很少且很细, 因此淤积厚度较小。

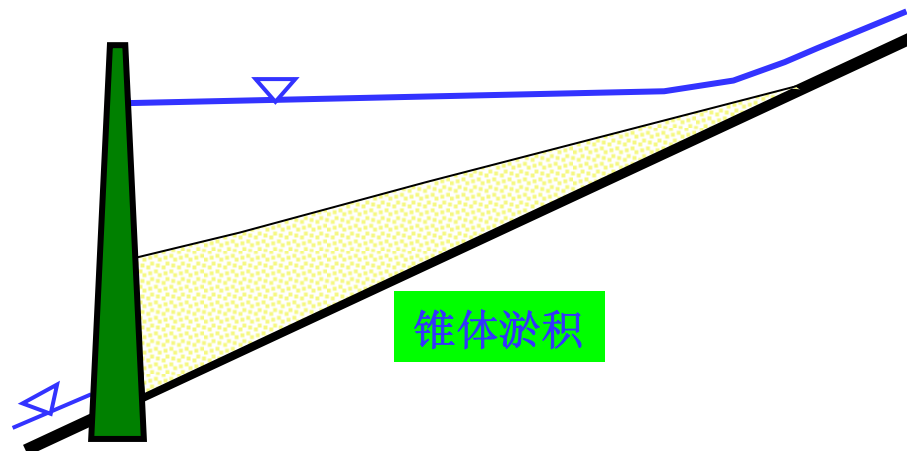


## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库淤积形态

#### ➤ 锥体淤积:

- ✓ 形成条件: 水库小, 淤积不能充分发展。一种是运用水位低, 坝前有一定流速, 能使较多泥沙运行到坝前落淤和排出水库; 另外一种是水库回水短, 含沙量高且颗粒细, 即便坝前流速不大, 但依靠超饱和输沙, 仍有较多泥沙运行到坝前落淤或排出水库。
- ✓ 特点: 淤积厚度自上而下沿程递增, 河底比降逐年变缓。
- ✓ 此外, 当水库达到淤积平衡, 其淤积体都是锥体形状。

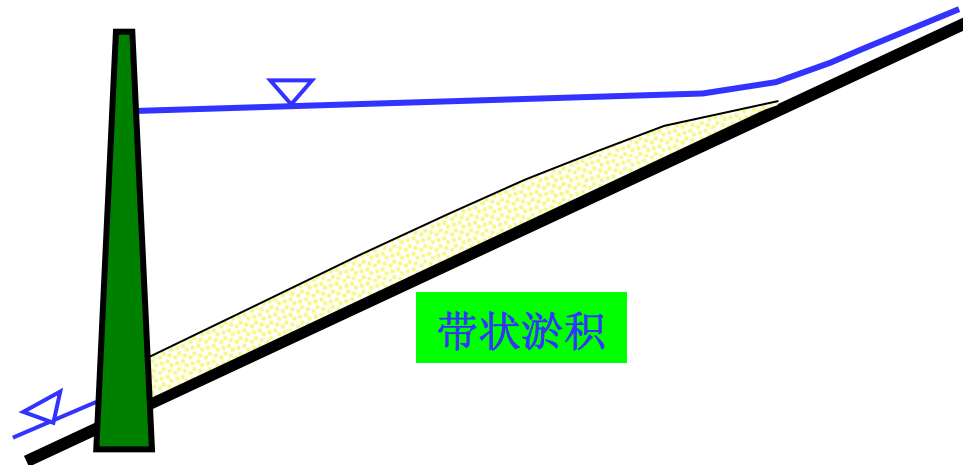


## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库淤积形态

#### ➤ 带状淤积:

- ✓ 形成条件: 运用水位变幅大, 变动回水区范围长且具有河道和水库双重特性, 变动回水区虽然以淤积为主, 但冲淤交替, 常年回水区以悬移质中的中细沙淤积为主。
- ✓ 特性: 淤积厚度沿程分布较均匀, 淤积分布是由坝前水位升降降淤积体拉平所致, 不是水库淤积固有特性, 一般出现在水库运用初期, 很难长期维持。





## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 淤积严重性

在中国，**1974**年陕西**43**个大中型水库资料统计，**31.5%**的初始库容被泥沙淤积损失，年均库容损失**5**千万 $\text{m}^3$ 。根据**1973**年山西**192**个库容大于**100**万 $\text{m}^3$ 水库资料统计，**15**亿 $\text{m}^3$ 的总库容也已经淤损**31.6%**。根据全国有实测资料的**236**座大型水库的统计，截止到**1981**年底，全国水库总淤积量达**115**亿 $\text{m}^3$ ，占这些水库总库容**804**亿 $\text{m}^3$ 的**14.2%**。平均每年约淤损**8**亿 $\text{m}^3$ 。

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 淤积严重性

我国水利部曾经组织了一次对**20**个重点水库泥沙淤积情况的调查，这些水库大多运行了**20**多年，结果表明这**20**个水库的泥沙总淤积量为**78**亿 $m^3$ ，水库库容损失**18.6%**。



## 中国部分水库泥沙淤积情况

	Reservoir	River	Drainage area 1000 km <sup>2</sup>	Dam height m	Design Capacity 10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	Periods of statistics	Total deposition 10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	Dep./capa. %
1	Liujiaxia	Yellow	181.7	147	57.2	1968-78	5.8	10.1
2	Yangouxia	Yellow	182.8	57	2.2	1961-78	1.6	72.7
3	Bapanxia	Yellow	204.7	43	0.49	1975-77	0.18	35.7
4	Qintongxia	Yellow	285.0	42.7	6.20	1966-77	4.85	78.2
5	Sanshengong	Yellow	314.0	gate	0.80	1961-77	0.40	50
6	Tianqiao	Yellow	388.0	42	0.68	1976-78	0.075	11
7	Sanmenxia	Yellow	688.4	106	96.4	1960-78	37.6	39
8	Bajiazui	Puhe	3.52	74	5.25	1960-78	1.94	37
9	Fengjiashan	Qianhe	3.23	73	3.89	1974-78	0.23	5.9
10	Hesonling	Yeyuhe	0.37	45.5	0.086	1961-77	0.034	39
11	Fenhe	Fenhe	5.27	60	7.00	1959-77	2.60	37.1
12	Guanting	Yongding	47.6	45	22.7	1953-77	5.52	24.3
13	Hongshan	Xiliaohe	24.5	31	25.6	1960-77	4.75	18.5
14	Laodehai	Liuhe	4.50	41.5	1.96	1942	0.38	19.5
15	Yeyuan	Mihe	0.79	23.7	1.68	1959-72	0.12	7.2
16	Gangnan	Hutuohe	15.9	63	15.58	1960-76	2.35	15.1
17	Gongzui	Daduhe	76.4	88	3.51	1967-78	1.33	38
18	Bikou	Beilong	27.6	101	5.21	1976-78	0.28	5.4
19	Danjiankou	Hanjiang	95.2	110	160.5	1968-74	6.25	3.9
20	Xingqiao	Hongliuhe	1.33	47	2.00	14 yrs	1.56	78

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 淤积严重性

- 在美国，水库年均泥沙淤积量达**12亿m<sup>3</sup>**。
- 在日本：根据**425**个库容大于**100**万方的水库资料，截止**1979**年由于泥沙淤积使库容损失**6.3%**。根据**1996**年对**786**座水库（占日本水库总数的**30%**，超过日本总库容的**80%**）资料统计，每年淤积量大约**2000**万m<sup>3</sup>，若加上每年从水库清除的大约**390**万m<sup>3</sup>泥沙量，则每年实际泥沙淤积量达**2390**万m<sup>3</sup>。

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 淤积严重性

- 在印度，根据**1969**年统计资料，**21**个库容超过**11亿m<sup>3</sup>**的水库每年因为泥沙淤积造成的库容损失为**0.5~1.0%**。
- 在俄罗斯的中亚地区，坝高低于**6m**水库的使用寿命只有**1~3**年，坝高**7~30m**水库的使用寿命只有**3~13**年。



## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 淤积影响

- ▶ 减少水库的防洪和兴利库容：使防洪、发电、通航、灌溉以及养殖等效益的发挥大受限制，其中的某些甚至丧失殆尽。
- ▶ 泥沙淤积的结果，加大了水库坡降，使库水位不断抬高，因而使回水和它引起的再淤积不断上延，即出现水库淤积“翘尾巴”现象，从而引起对城市、工厂、矿山、农田的淹没，造成移民等社会经济问题。
- ▶ 水库泥沙淤积上延会导致地下水位上升，土地盐碱化，破坏生态环境，降低农业产量。

## 2. 水库泥沙淤积

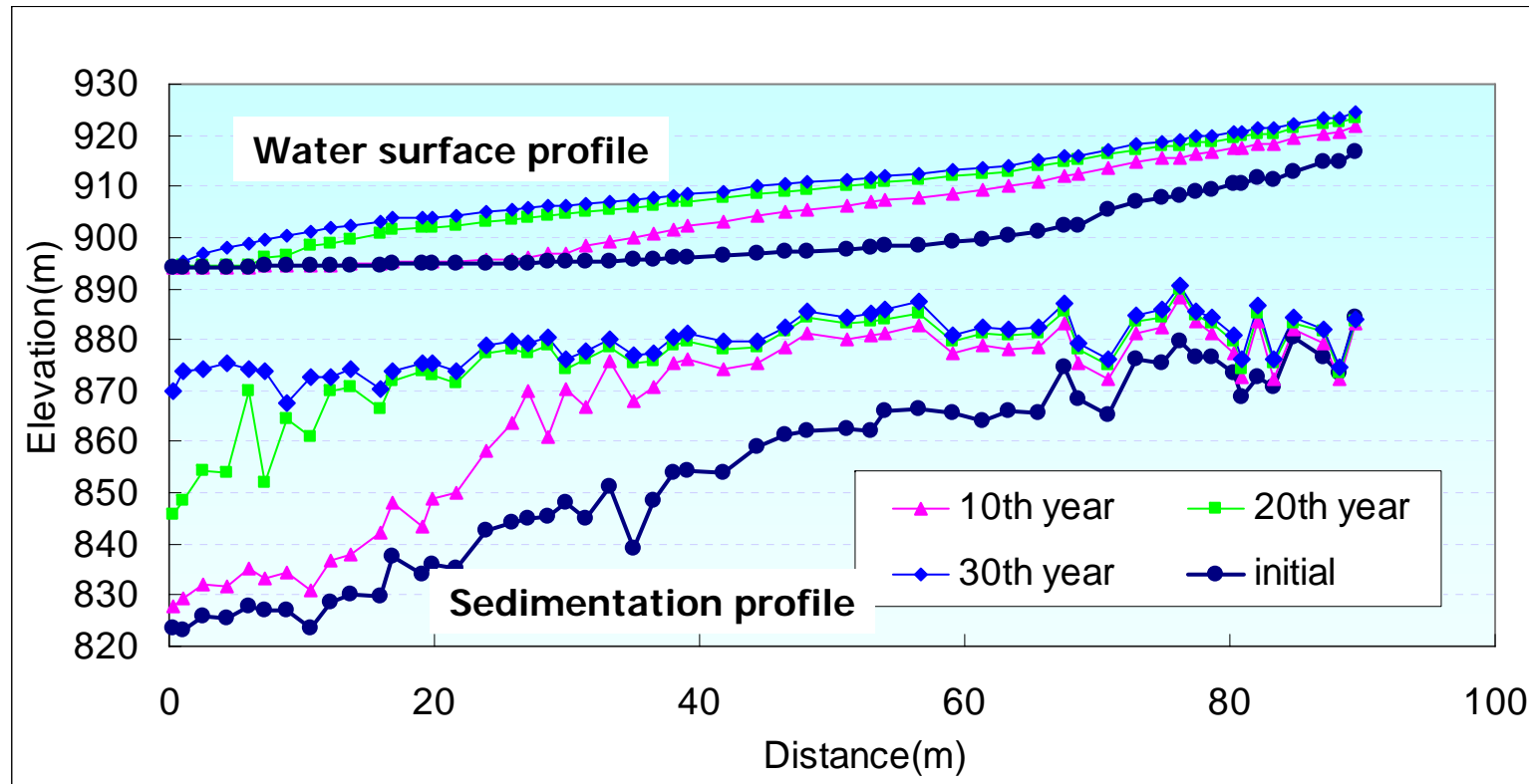
### ◆ 淤积影响

- ▶ 对有航运要求的水库，其变动回水区对航运产生不利影响。
- ▶ 坝前泥沙淤积会影响水库工程的运行安全，如船闸、引航道、水轮机进口、引水口、水轮机叶片磨蚀、拦污栅堵塞等。
- ▶ 吸附在泥沙表面的污染物在水库沉积后，会影响水质。
- ▶ 水库清水下泄会导致下游河道冲刷，造成河势变化，影响堤防安全，以及已有水利工程的取水等。

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 淤积影响

水库泥沙淤积与水位变化

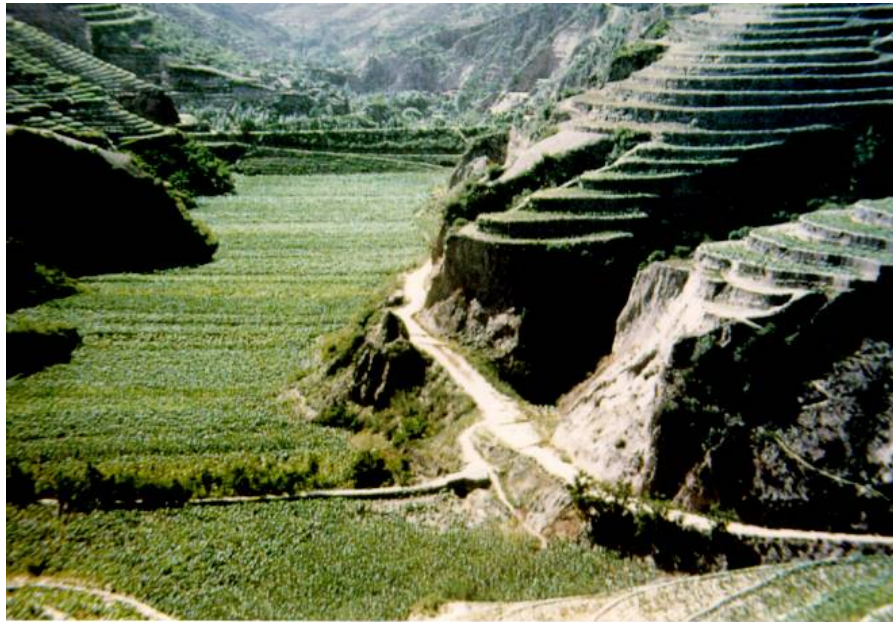


土地淹没和移民

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 淤积控制

减轻水库泥沙淤积的最根本措施是：减少入库泥沙量，增加水库排沙。





## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 淤积控制

上游拦蓄减少入库沙量。在上游开展水利、水保工程拦截流域来沙，是减缓水库淤积的根本措施。



## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 淤积控制

- ▶ 蓄清排浑是减轻水库泥沙淤积的另一个重要措施：即汛期含沙量高时采用低水位运用，非汛期含沙量低时采用高水位运用。



## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 淤积控制

- 异重流排沙：当异重流发生后，及时打开排沙底孔，将高含沙异重流排出水库。
- 敞泄运用：当水库淤积比较严重时，可以采用降低运用水位甚至敞泄运用，使水库发生溯源冲刷，将大量泥沙淤积物排出水库，可明显地恢复库容。

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 淤积控制

- ▶ 利用大洪水排沙：大洪水携带大量泥沙，根据洪水预报，提前降低库水位迎接洪水，可将大量泥沙排出水库，不仅可以减轻水库泥沙淤积，而且可以改善淤积部位。



## 2. 水库泥沙淤积

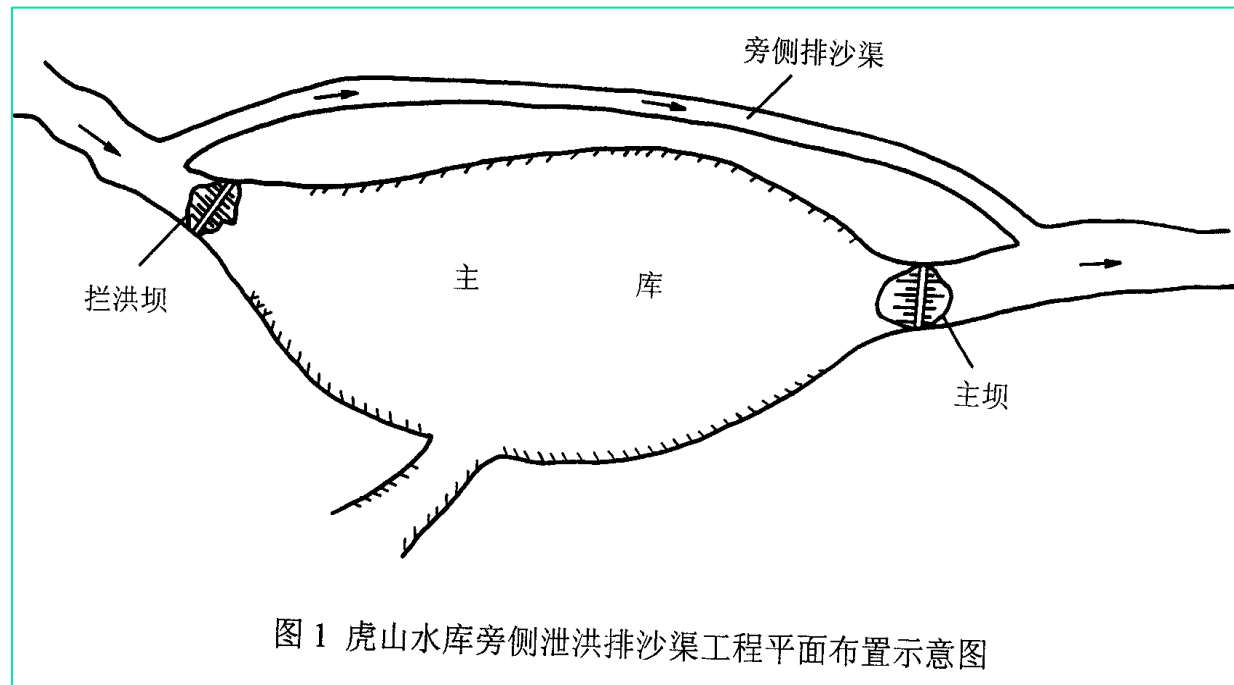
### ◆ 淤积控制

- ▶ 浑水排沙：如果异重流达到坝前，没有即时排出，异重流会在坝前库区积聚上翻，与上层清水掺混，形成浑水水库。由于坝前库区的水体基本上是静止的，浑水中泥沙就会按粒径从大到小的次序慢慢落淤，在水库底部形成一个有相当厚度且停滞的稀泥浆层，这层泥浆具有极好的流动性，而且密实较慢，如果这时打开排沙底孔，仍然可以将大量泥沙排出水库，达到减淤目的。

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 淤积控制

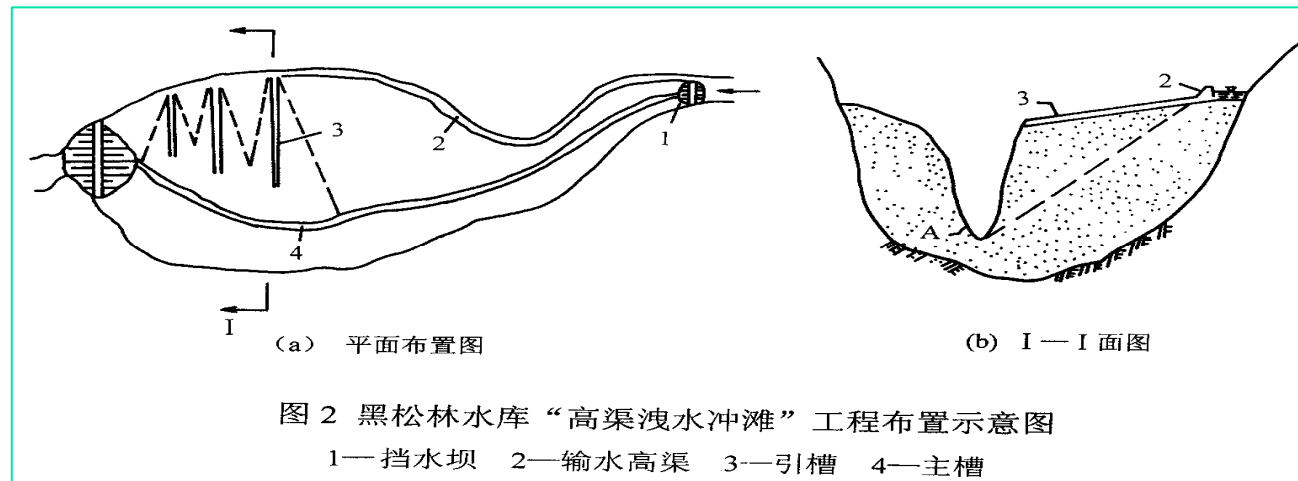
- ▶ 利用旁侧排沙渠（洞）排沙。有些中小型水库采用修建旁侧排沙渠的办法把汛期高含沙量洪水排往水库下游，以减少水库的淤积。



## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 淤积控制

- ▶ 高渠泄水冲滩。在库区上游设低坝（简易渠首），将河水拦截导入沿库周修建的高渠内。利用高滩深槽所形成的横向大比降，依靠水力冲刷及重力侵蚀作用，对滩面淤积泥沙进行破离和输移，从而达到清淤出库的目的。



## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 淤积控制

- ▶ 机械清淤。在大型水库中，利用机械挖沙的（如用挖泥船）一般都是为了某一目的而进行的局部挖掘。在中小型水库中，多采用小型动力机械来进行水库清淤，如气力泵、水力吸泥装置等。

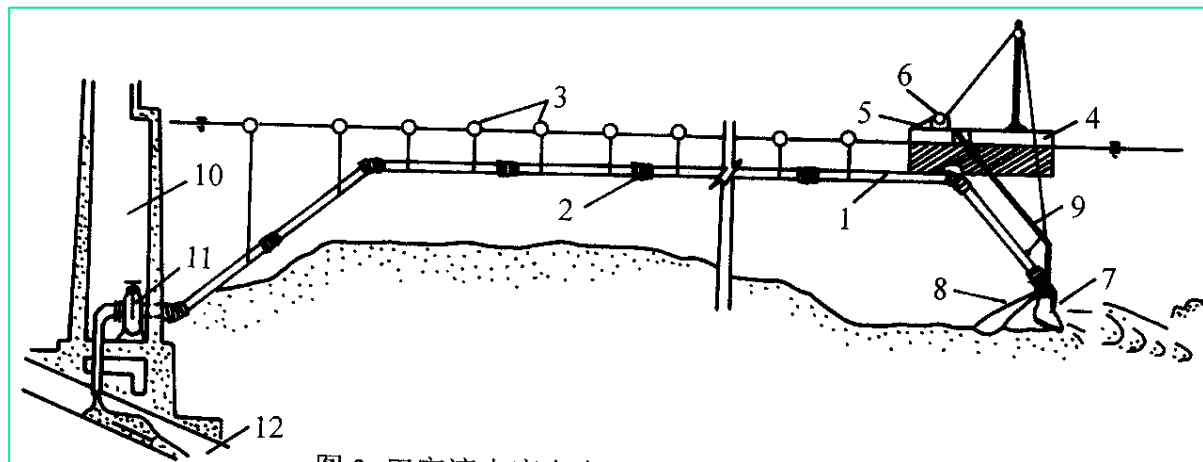


图3 田家湾水库水力吸泥清淤装置布置示意图

- 1.输泥管；2.软接头；3.浮筒；4.操作船；  
5.电机；6.卷扬机；7.吸头；8.方向舵；  
9.拉杆；10.闸室；11.闸阀；12.卧管

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库异重流及排沙

#### ▶ 水库异重流

当浑水水流进入蓄有清水水库后，由于浑水密度大于清水密度，在一定条件下会潜入库底，沿河床向坝前方向运动，形成水库异重流。由于表层清水相对平静，因此在异重流潜入点附近往往可以见到聚集的漂浮物，该特征成为判断异重流潜入点位置的标志。

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库异重流及排沙

#### ▶ 水库异重流

异重流潜入并持续运动的条件：**1**。水库内有相对平静的清水，**2**。进入水库的浑水具有一定的含沙量；**3**。潜入时的浑水应该具备一定的单宽流量。

中国水利水电科学研究院范家骅利用试验得到异重流潜入条件：

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{\eta_g g h_0}} = 0.78$$

$V$ 和 $h_0$ 为潜入点的流速和水深， $g$ 是重力加速度， $\eta_g$ 是重力修正系数

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库异重流及排沙

#### ➤ 异重流淤积：

异重流淤积的两种情况：异重流运动过程中超饱和输沙时发生的淤积；异重流流量沿程损失导致异重流扩散或停滞产生的淤积。

官厅水库**1956~1957年27次**实测资料：异重流流量较入库断面流量明显减少，平均损失**48.6%**，输沙率损失**75.8%**，输沙损失大于流量损失。

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库异重流及排沙

#### ➤ 异重流淤积:

异重流遇到支流口门，会逆着支流水流方向运动，发生支流倒灌淤积。韩其为对倒灌异重流的形成、导管异重流运动、衰减、含沙量变化及淤积厚度长度等做过理论研究。

当异重流到达坝前，如果没能及时出库，会发生积聚上升，形成浑水水库，造成坝前大量淤积。



## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库异重流及排沙

#### ➤ 异重流排沙：

异重流排沙：水库异重流形成后，由于潜入库底过水面积缩小，在同样流量下，流速反而大于明流，利于将泥沙向下游输送，提供了排沙机会。

除了潜入后过水面积减小增加流速外，含沙量愈高流速也愈大，愈有利于将泥沙向坝前输送，为利用高含沙异重流排沙提供了机会，而在明流条件下，含沙量基本上不影响水流速度。

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库异重流及排沙

#### ➤ 异重流排沙：

异重流排沙优点：异重流排沙不需要降低坝前运用水位，只要及时开启排沙底孔，能够以较少水量排除大量泥沙，对保证水库效益，延缓库容损失具有重要意义，特别是可以节约排沙水量，对我国水资源短缺的北方水库特别重要。

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库异重流及排沙

#### ➤ 异重流排沙：

异重流排沙效果：受水库的长短、形状、库底坡降、来水来沙量、排沙设施高程、位置、泄流能力、异重流形成与运行的预测以及调度等影响。

水库异重流排沙实践表明，不同水库异重流的排沙效果差别很大。若能准确预测异重流，及时打开排沙底孔，在加上大比降、短回水、峡谷型河道、大流量、高含沙、洪峰长等，则排沙效果较好，反之，排沙效果差。

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库异重流及排沙

#### ▶ 异重流排沙：

一些水库异重流排沙效果统计

水库名称	库底坡降(‰)	排沙比 (%)	统计情况
黑松林	110	61	1964~1972年7次
刘家峡	67	54.7	1972年6次
依利-艾达姆 (阿尔及利亚)	30	45	1953~1955年
冈察斯 (美国)	15	15~30	1939~1944年
米德湖 (美国)	10	27	1935~1936年4次
官厅	14.5	33	1954~1955年12次
三门峡	3.5	13	1961年7次



## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库异重流及排沙

---

#### ➤ 异重流排沙调度

##### 1. 异重流到达坝前时间

异重流到达坝前的时间是排沙成功与否的一个重要参数，知道这个时间才能适时开启闸门排走泥沙。否则，开启过早回损失清水量，开启过晚造成异重流在坝前积聚，不仅发生淤积减少排沙效果，还回增加过机泥沙。

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库异重流及排沙

#### ➤ 异重流排沙调度

##### 1. 异重流到达坝前时间

异重流从潜入点到达坝前的时间为（韩其为）：

$$t = C \frac{L}{(qS_0J_0)^{1/3}}$$

**C**是常数，可由实测资料率定，**L**是潜入点至坝前距离，**q**是异重流单宽流量，**S<sub>0</sub>**是异重流潜入时的含沙量，**J<sub>0</sub>**是库底坡降。



## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库异重流及排沙

---

#### ➤ 水库异重流排沙调度

##### 2. 异重流有效排沙时间

异重流的有效排沙时间是由潜入点洪峰持续时间减去异重流到达坝前时间。当潜入点洪峰消失后，异重流大多停止运动，排沙即将结束。



## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库异重流及排沙

---

#### ➤ 水库异重流排沙调度

#### 3. 排沙底孔高程

除了准确把握异重流到达坝前时间和厚度外，要顺利排除异重流，排沙底孔高程、泄流能力、适时开启是关键。如底孔过高，超过异重流最大爬高，不仅不能将异重流排出水库，还会损失清水。即便等形成浑水水库后，能排除一部分泥沙，但排沙效果大为降低。



## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库运用与泥沙淤积——以三门峡水库为例

三门峡水利枢纽是黄河上修建的第一座大型水利枢纽工程，控制了黄河流域面积的**91.5%**，来水量的**89%**，来沙量的**98%**，自**1960年9月**投入运用。由于在原规划设计中对黄河泥沙问题认识不足，运用泥沙严重淤积，潼关高程迅速上升，使枢纽不得不经历两次改建和“蓄水拦沙”、“滞洪排沙”、以及“蓄清排浑”三个不同运用阶段。



## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库运用与泥沙淤积——以三门峡水库为例

“蓄水拦沙”（1960年9月15日~1962年3月19日）

1960年9月开始运用初期，采用“蓄水拦沙”运用，最高蓄水位332.58m（1961年2月19日），回水超过距离三门峡水库大坝114km的潼关，只有7%的泥沙排除水库，库区泥沙淤积严重，淤积量达15亿t，渭河口形成拦门沙，威胁关中平原防洪安全。





## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库运用与泥沙淤积——以三门峡水库为例

#### “滞洪排沙”（1962年3月20日~1973年10月）

1962年3月由“蓄水拦沙”不得不改为“滞洪排沙”运用，汛期闸门全面敞开，只保留防御特大洪水的任务。由于泄水孔位置较高，在高程315米水位时只能下泄3084 m<sup>3</sup>/s的流量，入库泥沙仍有60%淤在库内，特别是遇1964年丰水丰沙年，问题更为突出，一年淤积泥沙就达12亿m<sup>3</sup>。至1964年10月，库区泥沙总淤积量已达47亿吨，潼关高程，即潼关水文站（六）断面的1000m<sup>3</sup>/s流量的水位，由蓄水前的323.40m上升到328.09m，升高了4.69m。

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库运用与泥沙淤积——以三门峡水库为例

#### “滞洪排沙”（1962年3月20日~1973年10月）

1965~1968年对枢纽实施了第一次改建（即“两洞四管”），枢纽的泄洪排沙能力（315米）由 $3084 \text{ m}^3/\text{s}$ 增加到 $6102 \text{ m}^3/\text{s}$ ，增大了一倍，水库的排沙比增至80%，潼关以下库区已由淤积转为冲刷，对保护库容，缓解淤积对上流的威胁和保证下游的防洪安全，都取得了显著的成效。但冲刷范围尚未触及到潼关，潼关以上库区及渭河仍继续淤积。





## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库运用与泥沙淤积——以三门峡水库为例

#### “滞洪排沙”（1962年3月20日~1973年10月）

为进一步解决库区淤积，充分发挥枢纽综合效益，对三门峡水利枢纽进行第二次改建。第二次改建于1969年12月开始至1973年全部完成后，使库水位在315米的泄流能力由6102 m<sup>3</sup>/s增加到9059 m<sup>3</sup>/s，水库发生了更大范围的冲刷，潼关高程也下降到326.6m。此后，1990年打开9、10号底孔，1999、2000年又分别打开了11、12号底孔，使得坝前水位315米时泄流能力增加到9701 m<sup>3</sup>/s。





## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库运用与泥沙淤积——以三门峡水库为例

#### “蓄清排浑”（1973年11月~目前）

枢纽经两次增、改建，增加了泄流排沙设施，进一步降低了泄水孔高程，加大了泄流排沙能力。自**1973**年以来，水库按“蓄清排浑”调水调沙方式运用，即汛期泄流排沙，汛后蓄水，变水沙不匹配为水沙相适应，使库区年内泥沙冲淤基本平衡，水库淤积得到控制。

## 2. 水库泥沙淤积

◆ 水库运用与泥沙淤积——以三门峡水库为例

### 三门峡水库三次运用方式

运用方式		持续时间	最低水位	最高水位
1	蓄水拦沙	1960, 9 ~ 1962, 3	324.04m	332.58m
2	滞洪排沙	1962, 3 ~ 1973, 10	298.03m	325.9m
3	蓄清排浑	1973, 10以后	300.0m	318.0m

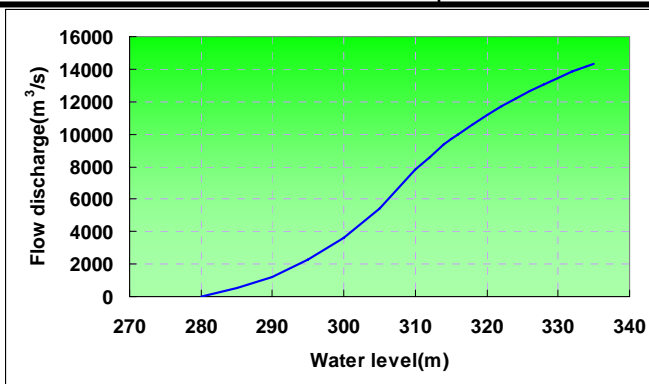


## 2. 水库泥沙淤积

◆ 水库运用与泥沙淤积——以三门峡水库为例

### 两次改建

	改建情况	持续时间	水位315m泄流能力( $m^3/s$ )
1	新建两个泄洪洞，4个电站进水管改为泄流设施——两洞四管	1965~1968	3084→6102
2	打开1#-8#引水孔，打开1#-12#底孔，改建几个电站水管为泄流	1969~2000	6102→9701

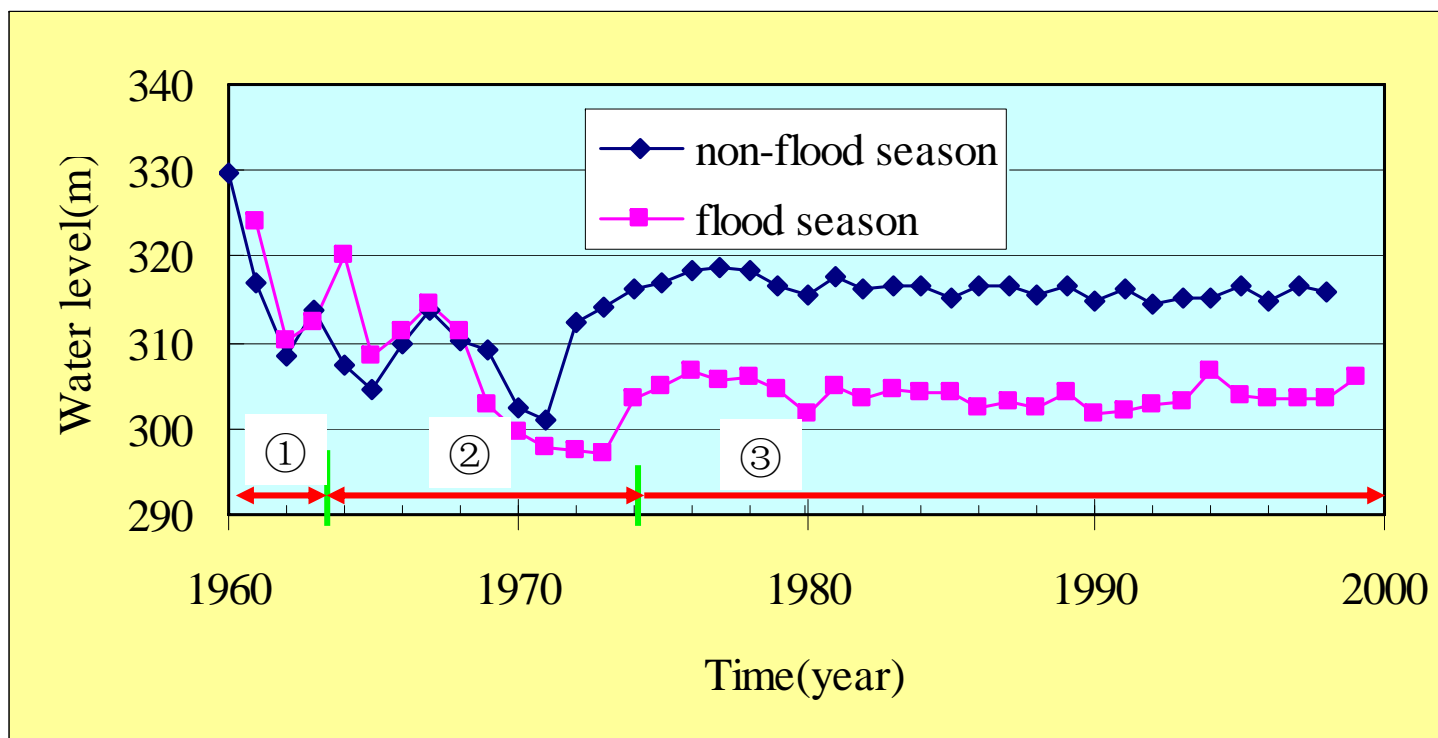




## 2. 水库泥沙淤积

◆ 水库运用与泥沙淤积——以三门峡水库为例

### 三门峡水库运用水位

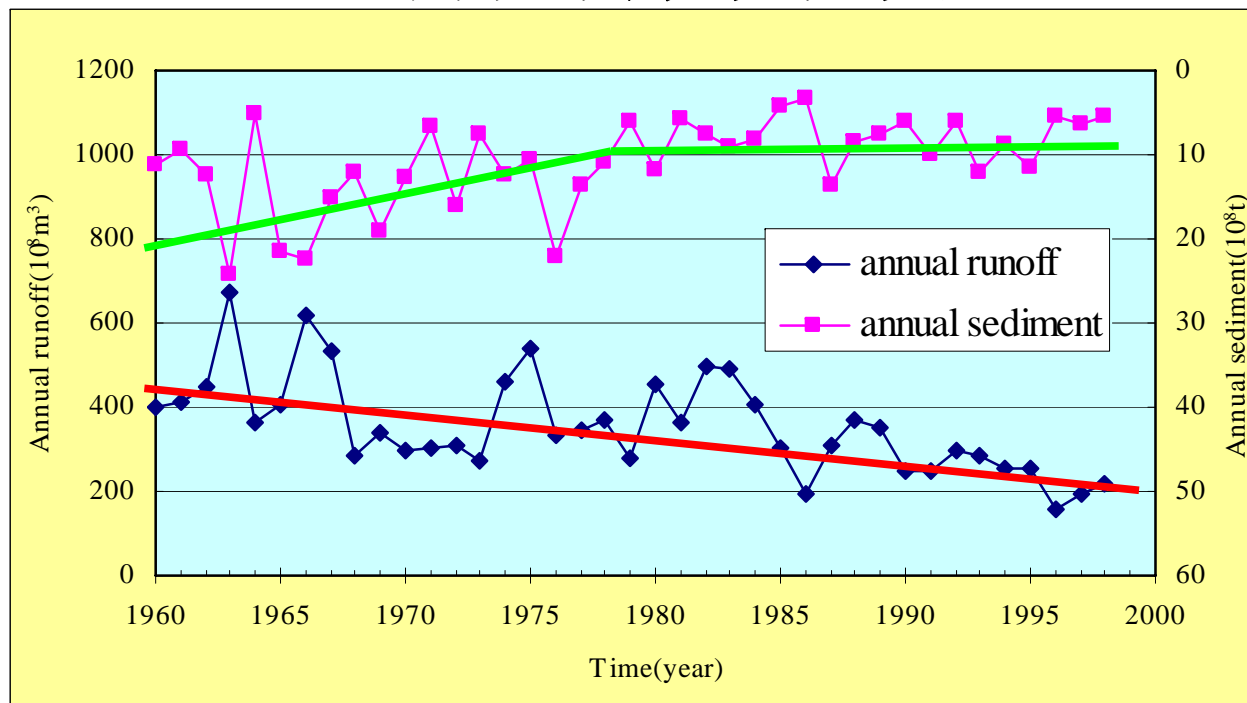


①蓄水拦沙运用， ②滞洪排沙， ③蓄清排浑

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库运用与泥沙淤积——以三门峡水库为例

#### 三门峡水库来水来沙



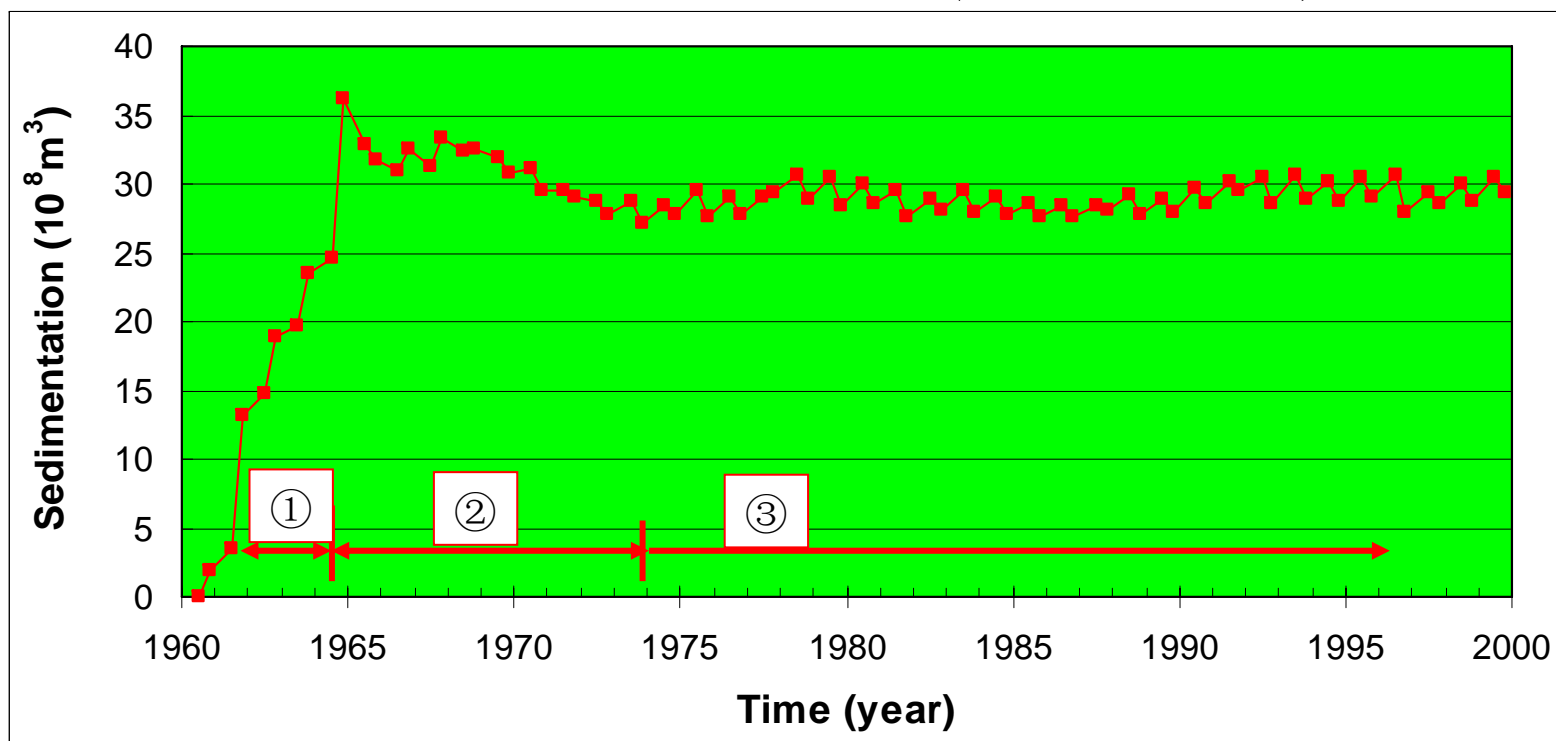
年水量：400亿m<sup>3</sup> 减为 200亿m<sup>3</sup>

年沙量：前20年略减，后稳定

## 2. 水库泥沙淤积

◆ 水库运用与泥沙淤积——以三门峡水库为例

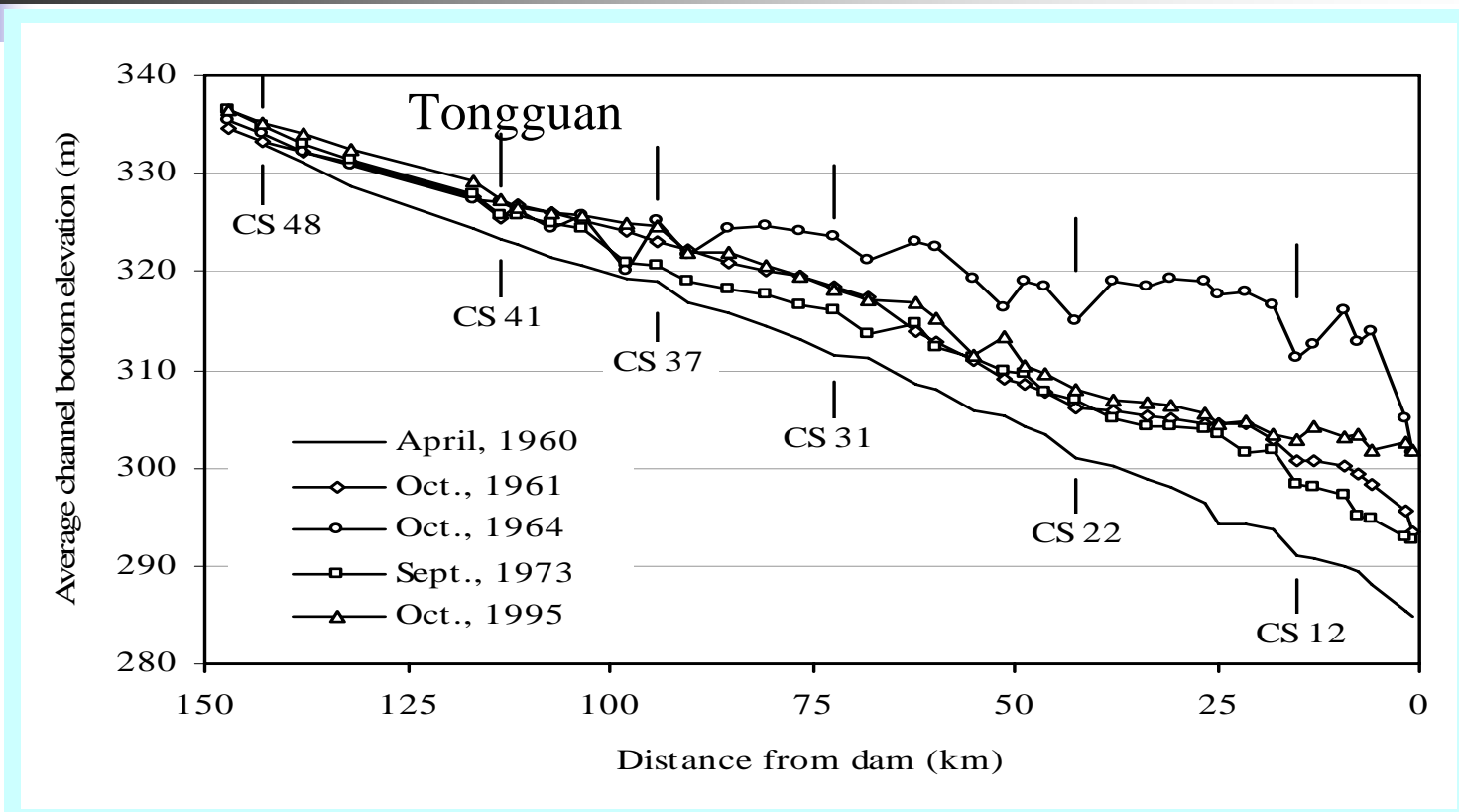
三门峡水库淤积过程 (潼关~大坝)



水库淤积经历3个阶段：快速淤积 → 冲刷 → 稳定  
与水库三个阶段的运用方式和两次改建相对应

## 2. 水库泥沙淤积

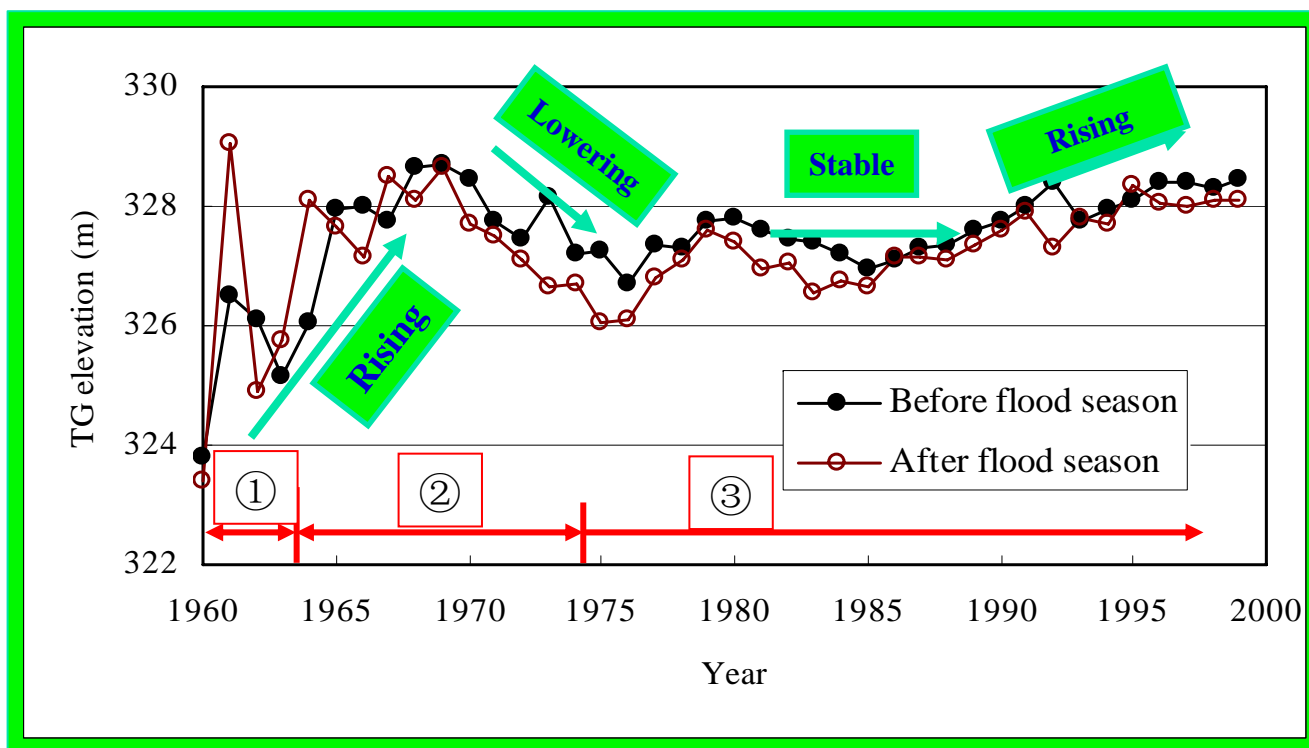
### ◆ 水库运用与泥沙淤积——以三门峡水库为例



不同时期淤积纵剖面

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库运用与泥沙淤积——以三门峡水库为例



潼关高程：快速上升 (1960-1969)—下降 (1969-1973)—稳定 (1973-1985)—缓慢上升 (1985后)，与水库三个阶段的运用方式、两次改建和来水来沙相对应



## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库运用与泥沙淤积——以三门峡水库为例

#### 潼关高程上升给渭河下游带来严重问题：

潼关，作为黄河小北干流、渭河、洛河的三河交汇口起着局部侵蚀基准面的作用，其高程的变化对潼关以上河段的冲淤影响较大。自1960年三门峡水库开始蓄水运用以来，潼关 $1000\text{m}^3/\text{s}$ 流量的水位已经上升5米左右，致使渭河下游河床不断淤积抬高，防洪任务加重，同时也造成关中广大地区地下水位上升，土地盐碱化，影响农作物的生长和产量。由于潼关所处的特殊位置，其高程的变化不仅成为地方政府关注的焦点，也引起各级领导和水利专家的高度关注。为了减轻潼关高程的上升给渭河流域带来的不利影响，迫切需要对潼关高程变化的影响因素以及降低潼关高程措施进行深入研究。



## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库运用与泥沙淤积——以三门峡水库为例

#### 降低潼关高程的主要途径

要使潼关高程有所下降，可以借助于以下两个途径：一是降低三门峡水库运用水位，另外一个制造有利的水沙条件。为了研究这两个因素的不同组合对降低潼关高程的作用，利用水流泥沙数学模型对给定的两组来水来沙系列（时间长度均为**14**年）和三门峡水库八种不同运用方式（现状运用、敞泄运用和控制运用等）进行了计算分析研究。

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库运用与泥沙淤积——以三门峡水库为例

两组水沙系列年均来水来沙量：水(亿m<sup>3</sup>)，沙(亿t)；水沙系列长度均为14年。

水沙系列		黄河	汾河	渭河	北洛河	总量
水沙系列 I	年水量	<b>235.1</b>	<b>6.286</b>	<b>55.94</b>	<b>6.375</b>	<b>303.7</b>
	年沙量	<b>5.795</b>	<b>0.049</b>	<b>2.904</b>	<b>0.754</b>	<b>9.502</b>
水沙系列 II	年水量	<b>201.1</b>	<b>5.221</b>	<b>46.65</b>	<b>6.675</b>	<b>259.6</b>
	年沙量	<b>5.063</b>	<b>0.034</b>	<b>2.697</b>	<b>0.823</b>	<b>8.617</b>



## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库运用与泥沙淤积——以三门峡水库为例

#### 三门峡水库八种不同运用方式

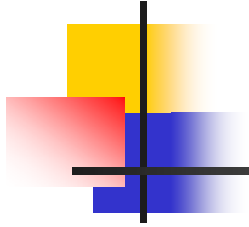
计算方案	三门峡水库运用方式
方案1	现状运用。采用目前的蓄清排浑的运用方式。
方案2	全年敞泄运用。现有泄流能力下，汛期和非汛期都采用敞泄运用。
方案3-1	汛期敞泄，非汛期控制坝前最高水位不超过318m。
方案3-2	汛期 $Q>1500\text{m}^3/\text{s}$ 时敞泄，否则按305m控制，非汛期控制最高水位不超过318m。
方案3-3	汛期敞泄，非汛期控制坝前最高水位不超过315m。
方案3-4	汛期 $Q>1500\text{m}^3/\text{s}$ 时敞泄，否则按305m控制，非汛期控制最高水位不超过315m。
方案3-5	汛期 $Q>1500\text{m}^3/\text{s}$ 时敞泄，否则按305m控制，非汛期控制最高水位不超过310m。
方案3-6	汛期敞泄，非汛期控制坝前最高水位不超过310m。

## 2. 水库泥沙淤积

### ◆ 水库运用与泥沙淤积——以三门峡水库为例

#### 不同运用方式潼关高程变化情况

水沙系列 运用方案	水沙系列I				水沙系列II			
	最低值	结束值	升降值	现状差	最低值	结束值	升降值	现状差
方案1	327.35	328.12	-0.11	0.00	327.65	328.33	0.10	0.00
方案2	325.82	326.59	-1.64	-1.54	325.90	327.14	-1.09	-1.19
方案3-1	326.01	326.86	-1.37	-1.26	326.06	327.44	-0.79	-0.89
方案3-2	326.07	326.97	-1.27	-1.16	326.11	327.53	-0.70	-0.80
方案3-3	325.95	326.75	-1.48	-1.38	326.00	327.34	-0.89	-0.99
方案3-4	326.03	326.85	-1.38	-1.28	326.08	327.45	-0.78	-0.88
方案3-5	325.98	326.74	-1.49	-1.38	326.04	327.35	-0.88	-0.98
方案3-6	325.89	326.63	-1.60	-1.50	325.95	327.22	-1.01	-1.11



谢谢