DOI:10.3880/j.issn.1006-7647.2008.02.006

# 黄河利用洪水排沙不必刻意拦粗排细

齐 璞,高 航,余 欣,王 敏

(黄河水利科学研究院,河南 郑州 450003)

**摘要**:简要总结我国在黄河泥沙输移方面的研究成果,根据笔者多年的研究,得出如下结论:可以利用高含沙洪水输沙入海,适宜输送的不是低含沙量的水流,而是含沙量大于 200 kg/m$^3$ 的高含沙水流。黄河下游洪水期窄深河道多来多排的输沙特性是造成河道多来多排的机理,在低含沙水流时水流的流速达到 1.8 ~ 2 m/s,床面进入高输沙动平整状态。不仅全沙如此,造床质泥沙($d > 0.025$ mm的粗泥沙)也存在着同样的输沙规律。小浪底水库的泥沙多年调节,充分利用下游河道的洪水输沙潜力输沙入海,是解决黄河下游泥沙问题和节省输沙用水的有效技术途径。平水年、枯水年小浪底水库不排沙,全部水量用于兴利和环境用水,利用洪水排沙不必刻意拦粗排细。

**关键词**:黄河;输沙泄洪机理;泥沙多年调节;洪水排沙;拦粗排细

**中图分类号**:P333.4;TV882.1 **文献标识码**:A **文章编号**:1006-7647(2008)02-0019-06

**Sediment discharge by floods of Yellow River without stressing on blocking coarse particles and releasing fine particles**//

QI Pu, GAO Hang, YU Xin, WANG Min(*Institute of Hydraulic Research*, *YRCC*, *Zhengzhou* 450003, *China*)

**Abstract**: The results of research on sediment transport in the Yellow River in China were briefly described. It is concluded that floods with a sediment concentration of higher than 200 kg/m$^3$ are suitable for sediment discharge, and that the characteristics of sediment transport in narrow and deep channels of the lower Yellow River result in a mechanism of "the more sediment input, the more sediment output". When flow velocity in a river with low sediment concentration reaches 1.8-2.0 m/s, the river bed surface will be in a dynamic adjusting status, and coarse particles ($d > 0.025$ mm) will follow the same rule. Sediment regulation in Xiaolangdi Reservoir is making full use of the flood potential in the lower river channel for sediment discharge into the lower Yellow River. In normal flow years and dry years, the total volume of flood water is used for water conservancy and environmental protection, while in wet years, floods with high sediment concentration can be used for sediment discharge. It is also unnecessary to block coarse particles and release fine particles in sediment discharge.

**Key words**: Yellow River; mechanism of sediment transport and flood discharge; multi-year sediment regulation; sediment discharge by flood; block coarse particles and release fine particles

众所周知,泥沙淤积是黄河下游洪水危害的根本原因,治理黄河的主攻方向就是要解决泥沙淤积问题。根据 2002 年国务院批复的《黄河近期重点治理开发规划》的相关研究,2050 年后,黄河年均来沙量仍有 8 亿 t,利用河道输沙入海是治理黄河的一项长期而艰巨的重要任务。为维持黄河下游河道健康生命,将采取综合措施实现下游主槽不淤高的目标,其核心是科学地进行中游水库调水调沙和下游河道整治,充分利用自然的力量增大洪水的输沙造床作用。小浪底水利工程是黄河进入平原前的最后一座狭谷型水库,具有较强的调节能力,不管黄河上中游水沙如何变化,都要经过小浪底水库的调节进入下游河道。因此,小浪底水库的调水调沙作用是其他水利工程无法替代的。所以,应充分发挥水库调水调沙作用,利用下游河道在洪水期的输沙潜力输沙入海,改变进入下游的水沙条件,塑造有利输沙的新河槽,充分利用洪水输沙,大量节省输沙用水量,为下游河道治理做出应有的贡献。

## 1 以往的研究成果

a. 关于拦"粗泥沙"的认识。在 20 世纪 70 年代研究不同地区来水来沙对下游河道影响时认为河床淤的都是粗沙,因此得出拦"粗泥沙"的认识[1]。没有考虑河道宽浅对输沙的影响,即洪水期滩地淤积与主槽冲刷的不同,得出含沙量越大则淤积越多,且均是粗沙区来水来沙的结论。这样的结论是不全

作者简介:齐璞(1942—),男,北京人,教授级高级工程师,从事河床演变与泥沙输移、河型转化、水库泥沙调节、河道整治等研究。E-mail:qipuqi@yahoo.com.cn

面的，不尽科学。钱宁 1965 年针对束水攻沙的治河思想指出[2]，要把全部泥沙输入大海，避免河道淤积，要使各级流量挟沙不淤，在平滩流量 5 000 $m^3/s$ 时，要求河宽为 512 m。由此可见必需区分滩与槽。

b. 粗细泥沙的界限随水流条件而变。有的学者认为[3]：大水出好河，小水挟带粗沙、淤坏河道。粗细界限随水流条件变化，利用洪水输沙，河床均可发生强烈冲刷，粗沙也可顺利输送。滩地淤积与主槽淤积对河道的影响截然不同。

c. 泥沙恢复饱和距离短，水流挟带粗沙很快恢复。清水冲刷、不平衡输沙状态下，泥沙恢复饱和距离几百米，最多 1 ~ 2 km，下游可动床沙丰富，可达几十米，拦粗沙只对上游河段起作用，而对下游河段的作用，尤其是近河口河段的作用更值得研究。

d. 造床质粗泥沙也存在着“多来多排”的输沙规律。20 世纪 60 年代麦乔威等[4]发现黄河下游洪水期输沙特性存在着窄深河道多来多排、宽浅河段多来多排多淤、主槽多来多排而滩地多淤的特点。不仅全沙如此，造床质泥沙（$d > 0.025$ mm 的粗泥沙）也存在着同样的输沙规律，见图 1。

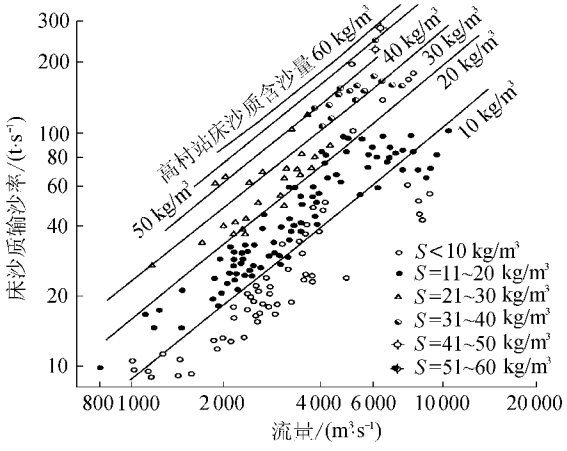


图 1　黄河粗泥沙“多来多排”的输沙规律

## 2　利用洪水排沙，粗细泥沙均能顺利输送

### 2.1　艾山至利津河段排沙比与流量间的变化规律

图 2 给出艾山至利津河段在汛期和非汛期平均流量与断面法测得的冲淤量、3 000 $m^3/s$ 流量时的水位差及用含沙量表示的河段排沙比关系。由图 2(a)可知，在非汛期，随着流量的增加，淤积量增大，当平均流量在 800 ~ 1 000 $m^3/s$ 时淤积最严重。非汛期的淤积可达 0.6 亿 ~ 1.0 亿 $m^3$。进入汛期，随着流量增加，河道淤积量减少，当平均流量达到 1 500 $m^3/s$时，由淤积转为冲刷。图 2(b)(c)显示出的变化规律，也表明河道冲淤主要取决于流量的大小。

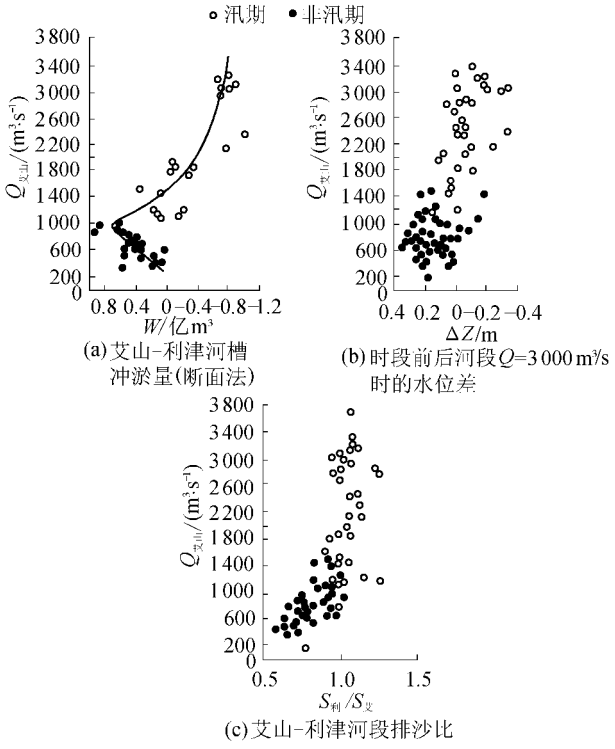


图 2　艾山—利津河段冲淤与流量关系

### 2.2　黄河床沙的水力特性

图 3 给出了用沙玉清公式[5]计算得出的水深、粒径与泥沙起动流速和扬动流速的关系。从这些关系可知，床沙粒径在 0.07 ~ 0.20 mm 范围时，均处于最容易起动的区域，粒径由 0.07 mm 增加到 0.2 mm 时，所需的起动流速为 0.42 m/s，但相应的扬动流速却由 0.35 m/s 增加到 0.76 m/s。

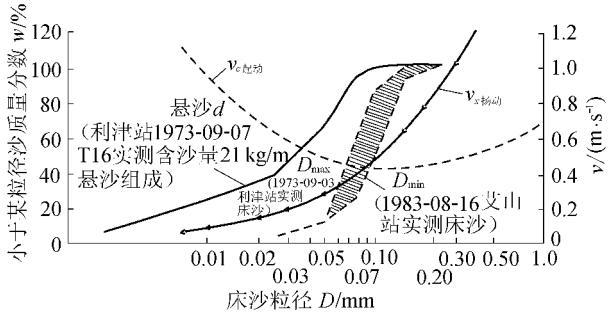


图 3　黄河床沙水力特性

从图 3 给出的实测悬沙组成可知，泥沙起动和扬动流速曲线交点粒径为 0.08 mm，相当于悬沙组成中的 $d_{95}$，说明只有在泥沙的起动流速大于扬动流速时才能以悬移的形式输送，即泥沙颗粒一旦起动就可能顺利输移。在床沙组成的级配曲线中，大于交点粒径的含量一般占 30% ~ 70%，其扬动流速远大于起动流速，因此造成床沙虽然容易启动，但难于以悬移的形式输送，绝大部分仍以底沙的形式输送，黄河床沙所固有的水力特性将会影响河床的动床阻力特性与输水输沙特性。

### 2.3 洪水过程中的涨冲落淤

图 4 是 1982 年洪水期利津站河床冲淤过程与洪水过程间的对应关系，可以看出，河床平均高程变化过程与洪峰形成过程大致相互成倒影，涨水期冲刷，落水期回淤，且河床冲刷速度与洪水涨率有关，最大冲刷速度达 7 cm/h，落水期淤积速度达 1.4 cm/h。经过汛期洪水的涨水冲刷与落水淤积，河床净冲深一般只有 0.2 ~ 0.6 m，个别年份的冲深可达1 m，见表 1。

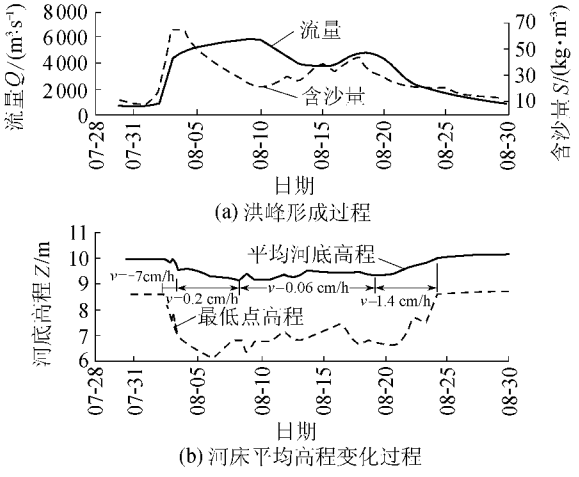


图 4　1982 年利津站洪水过程中河床冲淤过程

表 1　黄河艾山站以下河道洪水过程中涨冲、落淤与净冲深值

| 站名 | 洪水年份 | 涨水期冲深/m | 最大流量/($m^3 \cdot s^{-1}$) | 汛期水量/亿 $m^3$ | 落水期淤厚/m | 净冲深/m |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 艾山 | 1975 | 1.4 | 7020 | 319.7 | 1.2 | 0.2 |
| | 1976 | 2.7 | 9180 | 331.5 | 2.3 | 0.4 |
| | 1982 | 2.4 | 7300 | 225.3 | 1.6 | 0.8 |
| | 1983 | 1.5 | 5920 | 342.8 | 0.9 | 0.6 |
| | 1985 | 1.6 | 7000 | 250.0 | 1.1 | 0.5 |
| 泺口 | 1975 | 1.6 | 6160 | | 1.2 | 0.4 |
| | 1976 | 2.0 | 7800 | | 1.4 | 0.6 |
| | 1982 | 1.0 | 5960 | | 0.8 | 0.2 |
| | 1983 | 1.0 | 5680 | | 0.5 | 0.5 |
| | 1985 | 2.0 | 6400 | | 1.7 | 0.3 |
| 利津 | 1975 | 0.9 | 6470 | 304.3 | 0.7 | 0.2 |
| | 1976 | 2.0 | 8020 | 322.3 | 1.0 | 1.0 |
| | 1982 | 0.9 | 5670 | 207.6 | 0.5 | 0.4 |
| | 1983 | 0.8 | 5740 | 316.8 | 0.4 | 0.4 |
| | 1985 | 0.8 | 6300 | 222.0 | 0.4 | 0.4 |

从表 1 给出的黄河艾山站、泺口站、利津站 5 场洪水涨水期冲深、落水期淤厚与净冲深可知，前者均远大于后者。在汛期 200 亿 $m^3$ 至 300 亿 $m^3$ 洪水的作用下，艾山站以下 300 km 长的河段一般只冲深 0.2 ~ 0.5 m，远小于涨水期河床冲深 1 ~ 2.7 m 的幅度。只有利律站 1976 年净冲深等于落水期的回淤值，这是由于 1976 年河口改道、清水沟流路大幅度缩短了流程的缘故。

图 5 给出了利津站 1983 年洪水过程中河床冲刷与流量的关系，可以看出，在流量大于 1 500 $m^3/s$ 后，随着流量的增大，平均河底高程逐渐降低，峰后同流量的河底高程均低于峰前，河床在洪水过程中涨冲落淤非常明显。当流量达到 1 800 $m^3/s$ 以后，随着流量的增加，河床高程降低，在流量最大时河床高程达到最低。说明粒径 0.07 ~ 0.1 mm 的粗泥沙在流量大于 2 000 $m^3/s$ 时也能顺利输送。对悬沙中粒径大于 0.05 mm 的粗泥沙，在流量大于 2 000 $m^3/s$ 时进入艾山站以下河段，也不会造成河槽的严重淤积。

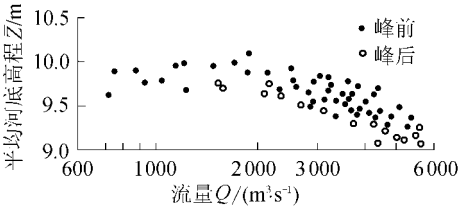


图 5　利津站 1983 年洪水过程中河床冲刷与流量间的关系

河床在汛期的冲深表明，较粗的泥沙颗粒（$D$ = 0.05 ~ 0.1 mm）在洪水期也能顺利输送。不论是高含沙量、低含沙量、比降陡与比降缓的河流，河床在涨水期都是冲的、落水期都是淤的。这对窄深河槽的过洪机理、淤滩刷槽之间没有联系的认识，以及利用洪水长距离输沙入海、水库排沙调控原则等问题的认识，都向前推进了一步。

## 3　利用窄深河槽的高效排沙泄洪能力输沙入海

### 3.1　窄深河槽的高效输沙特性

20 世纪 80 年代，对黄河干支流不同河段的高含沙水流输沙特性的对比分析表明[6-7]，窄深河槽有利于高含沙水流输送，造成高含沙洪水在黄河下游河道严重淤积以及在输送中产生异常现象的主要原因是河槽极为宽浅。适宜输送的不是低含沙量的水流，而是含沙量大于 200 kg/$m^3$ 的高含沙水流。目前山东河道在流量 2 000 ~ 3 000 $m^3/s$ 时，不仅可以输送实测含沙量小于 200 kg/$m^3$ 的洪水，待含沙量增加到 400 ~ 500 kg/$m^3$ 时会更有利于输送。

造成河道多来多排的原因在于当低含沙水流流速达到 1.8 ~ 2 m/s 时，床面进入高输沙动平整状态[8]。对高含沙水流而言，是因为黄河泥沙组成细，含沙量增高后流体的黏性增大，而河床对水流的阻力并没有增加所致，仍可利用曼宁公式进行水力计算。

实测河道输沙特性分析表明，利用洪水排沙，水库不必刻意拦粗排细。当河流的来沙主要由高含沙洪水输送，而造成塌滩的清水洪峰很少发生时，可塑造成窄深稳定的河流。

### 3.2 窄深河槽泄洪能力大

黄河山东艾山站在 1958 年 7 月 21 日、22 日河宽分别为 476 m 和 468 m、平均水深分别为 8.9 m 和 10.6 m 的条件下，分别下泄 12 300 $m^3/s$ 和 12 500 $m^3/s$ 洪水；泺口水文站在 1958 年 7 月 22 日、23 日主槽宽 295 m、平均水深分别为 10.6 m 和 13.1 m 的条件下，通过的洪峰流量分别为 10 100 $m^3/s$ 和 11 100 $m^3/s$。

从 1958 年花园口站和泺口站洪水期水沙过程与河床平均河底高程、最低点高程的变化可知，黄河窄深河槽在洪水期的输水能力大，主要原因是在涨水过程中主河槽不断冲刷，最大洪峰稍后河床高程到达最低，水深达最大。

花园口站实测主槽的过流能力表明，经过 1977 年 7 月和 8 月两场高含沙洪水塑造，在 8 月 8 日花园口站实测的主槽宽 467 m 和 483 m 时相应的水深为 5.4 m 和 5.3 m，平均流速为 3.85 m/s 和 3.73 m/s，过流量达到 8 980 $m^3/s$ 和 9 540 $m^3/s$。由此可见，主槽的过流能力很大。只要能保持较大的水深，泄洪要求的河宽并不是很大。造成窄深河槽输水能力强的主要原因[7]是单宽泄量与水深的高次方有关 $\left(q=\frac{1}{n}R^{\frac{5}{3}}J^{\frac{1}{2}}\right)$，使得在河宽不变的情况下水深绝对值越大则水位涨率越小[9]。流量与水位涨率的关系可用下式表示：

$$\frac{\mathrm{d}H}{\mathrm{d}Q}=\frac{0.6\left(\frac{n}{\sqrt{J}}\right)^{0.6}}{B^{0.6}Q^{0.4}}$$

式中的水位涨率 $\frac{\mathrm{d}H}{\mathrm{d}Q}$ 在其他参数不变的情况下与流量的 0.4 次方成反比，表明随着流量增大，单位流量的水位增值将随之减小。因此造成水位流量关系曲线呈现出随着流量的增大，水位涨势趋缓的关系。在冲积河道中，随着流量增大，水面宽会略有增加，加之河床不断被冲深，水位涨率在高水期会更加平缓。

洪水在黄河冲积河床中流过，随着洪峰流量的上涨，不仅水位上升，同时河床不断被刷深，使得河道的过流能力迅速增加。不仅低含沙洪水如此，高含沙洪水也是如此。河床刷深、水深增加对过洪能力的影响往往大于水位抬升的影响。甚至由于河床剧烈的刷深，使得洪水位反而大幅度降低。

### 3.3 泥沙输移的非恒定性造成冲积河道长距离冲刷

根据对冲积河道实测资料的分析，河槽水力几何形态、动床阻力特性、床沙与悬沙不同的水力特性与冲淤特性之间的密切关系，阐明了造成窄深河槽“多来多排”的力学规律。床面在高输沙动平整状态时，河床处在多来多排的输沙状态；由于底沙的运动状况决定了河床的冲刷或淤积，其运动速度远小于洪水波的传播速度，洪水泥沙输移的非恒定是造成涨冲落淤的原因，河床的冲淤取决于作用于河床底部剪力的变化，而与输沙的强度大小并无直接关系，$D_{50}=0.05\sim0.1$ mm 的粗泥沙在洪水期也能顺利输送。

在涨水过程中，水流要从河床中不断地补给底沙。随着洪水的上涨，水深增加，作用于河床底部的剪力增大，底沙的输送强度增加，河床不断被冲深，在最大洪峰时水深达到最大，作用在床面上的剪力最大，底沙输沙强度亦最大。在最大洪峰稍后河床高程到达最低。在落水过程中作用在床面上的剪力减小，床面上的输沙强度渐渐变弱，河床不断淤积抬高。

由于底沙的运动状况决定了河床的冲刷或淤积，其运动速度远小于洪水波的传播速度，因此洪水在几百千米，甚至上千千米长、比降变化甚至相差 10 倍的冲积河道中均可产生强烈冲刷[9]。

## 4 河槽不淤的水流条件与不淤河槽设计

### 4.1 河槽不淤的水流条件

床面在低能态区，随着水深的增加，流速迅速增加，进入“多来多排”状态，此时的水深-流速值可作为不淤河道设计值。根据相应的床面形态由沙纹发展成流动沙浪，底沙的运动逐渐增强，当床面进入高输沙率平整状态时，水深与流速的关系发生明显拐点[8]。根据黄河河道实测断面平均水深与流速的关系，将发生拐点的临界水深、流速值列入表 2。表 2 表明，水深的变化范围在 1.5～2 m，流速的变化范围在 1.8～2 m/s，单宽流量的变化范围在 3～5 $m^3/(s\cdot m)$，进入高输沙动平整状态，河道的输沙特性将进入“多来多排”的输沙状态。故可以用流速 2 m/s，作为设计条件，当河宽变化时不淤流量也会相应地变化。

表 2 床面输沙进入高输沙动平整状态的水流条件

| 站名 | 水深/m | 流速/$(m\cdot s^{-1})$ | 单宽流量/$(m^3\cdot(m\cdot s)^{-1})$ | 剪力/$(kg\cdot m^{-2})$ | 床面功率/$(kg\cdot(m\cdot s)^{-1})$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 花园口 | 1.5 | 2.0 | 3.0 | 0.30 | 0.60 |
| 夹河滩 | 1.5 | 1.8 | 2.7 | 0.25 | 0.44 |
| 高　村 | 1.7 | 1.8 | 3.1 | 0.23 | 0.46 |
| 孙　口 | 2.0 | 2.0 | 4.0 | 0.23 | 0.46 |
| 艾　山 | 2.0 | 1.8 | 3.6 | 0.20 | 0.36 |
| 泺　口 | 3.0 | 2.0 | 6.0 | 0.30 | 0.60 |
| 利　津 | 2.0 | 2.0 | 4.0 | 0.20 | 0.40 |

### 4.2 不淤河槽设计

比降变化对输沙不淤河宽的影响：水力计算采用曼宁公式 $v=\frac{1}{n}h^{2/3}J^{1/2}$，不淤临界流速值为 $v=2$ m/s，水深 $h=(vn/\sqrt{J})^{1.5}$，单宽流量 $q=hv$。

表 3 给出比降为 1/10 000 或 2/10 000，排沙流量

分别为 3 000 $m^3/s$，2 500 $m^3/s$，2 000 $m^3/s$，1 500 $m^3/s$，1 000 $m^3/s$ 时河槽不淤的整治河宽值。随着排沙流量的减小，河槽不淤整治河宽逐渐减小，但均可达到河槽不淤控制条件。其中比降 2/10 000 比 1/10 000 时的河槽不淤河宽均大些，前者是后者的 1.7 倍。排沙流量 1 000 $m^3/s$ 时的不淤河宽在曼宁糙率分别为 0.012 和 0.010 时，比降2/10 000和比降 1/10 000 的整治河宽分别为 227 m 和177 m，均可达到控制河槽不淤的要求。

从以上结果可知，在河道比降不变的情况下，随着输沙流量减小，不淤河宽相应地减小，仍可达到河床不淤所需的水流条件，排沙流量由 3 000 $m^3/s$ 降到 1 000 $m^3/s$ 时，比降 2/10 000 时的不淤河宽由 682 m 减小到 227 m；河道比降 1/10 000 时，不淤河宽由 530 m 降为 177 m。说明在比降一定的情况下，可以设计流量不同的不淤河槽，只是河槽宽度作相应的变化。

自然条件相似的冲积河流，流量变化幅度虽然很大，但比降的变化幅度并不大，在比降相同时，不同流量级别河道的河槽宽度不同。以黄河主要干支流渭河、北洛河及黄河下游为例可清楚说明。北洛河河槽最窄只有 80 m，流量 100 ~ 200 $m^3/s$ 的高、低含沙洪水，河道即可不淤；渭河下游从上到下河槽宽 450 ~ 260 m 时，流量 1 000 $m^3/s$ 的高、低含沙洪水，河道不淤；黄河下游艾山以下河道河槽宽 300 ~ 400 m，实测含沙量 100 多 $kg/m^3$，流量 1 500 ~ 1 800 $m^3/s$ 时河段排沙比即可达 100%。以上实例说明，在排沙流量变化时可通过控制河槽宽度来实现控制河槽不淤。

## 5 利用空库泄洪排沙的可行性

### 5.1 泥沙多年调节，利用洪水排沙

黄河干支流大型水利枢纽的投入运用，完全改变了下游来水来沙的自然过程。游荡性河道经常处于小水挟沙过多状态中，河槽连年淤积而不能摆动是造成二级悬河的根本原因。通过洪水期河床冲刷与滩地清水回归主槽过程分析，说明主槽冲刷与漫滩淤积间没有必然联系，洪水不漫滩时河槽仍可发生冲刷。因此，调节水沙搭配、控制主槽淤积是解决问题的关键。

在黄河“八五”攻关中[7]，首次对小浪底水库泥沙进行多年调节，利用洪水排沙方案进行了较详细的计算，初步制定了水库运用原则。因此，小浪底水库的运用方式由初期的削减高含沙洪水发展到利用洪水排沙。

不论是高含沙量还是低含沙量、比降陡还是比降缓的河流，河床在涨水期都是冲的、在落水期都是淤的，因此，在调水调沙的时候若能把沙量调放到涨水期，是非常有意义的。所以，拦粗泥沙主要应拦小水时挟带的泥沙，而大水时“粗泥沙”也可输送入海。

由小浪底水库分析计算结果可知，水库的淤积量大于 30 亿 $m^3$ 后，才能利用洪水冲刷，相同的来水来沙条件，库区淤积量小，水库冲刷机会多，但冲刷效率低；当首次起冲量大时，库区淤积量多，冲刷效率高，但冲刷机会少，两者综合作用的结果看不出优劣。同样的来水条件和库区泄空水位，水库淤积量大时冲刷效率高，出库的含沙量大，可以使更多的泥沙调节到洪水期输送。

### 5.2 洪水期水库主动泄空高含沙水流形成机理

大量的实测资料表明，蓄水拦沙运用水库水位的迅速下降并泄空，淤泥便可流动产生高含沙水流。水库虽然大小、形态各异，但淤土的力学性质相同，产生高含沙水流的机理也相同。

a. 众所周知，淤土抗剪强度参数（$c$ 和 $\varphi$）依排水条件而异。土的抗剪强度一般不排水不固结的试验值最小，库水位的迅速降低，使淤土中孔隙水来不及排出，土体的强度、黏聚力和内摩擦角值低，$\varphi = 0$（属于 $\tau_f = c$ 的情况），土体的密度大，只要流泥的水平推力大于土体的黏聚力，土体便可产生流动。蓄水拦沙运用水库中的淤积物处于水下饱和状态，库水位迅速下降并泄空，淤泥流动便可产生高含沙水流[10]。

b. 在洪水期水库主动泄空，库水位迅速大幅度降低，随着主槽强烈冲刷，河床高程降低，滩槽高差增大，土体荷重增加。随之土体内发生超孔隙水压力，引发土体向主槽坍塌，为高含沙水流的形成创造了有利条件。

c. 水库泄洪排沙时库水位迅速降低，当库区淤积物抗冲性较强时，溯源冲刷纵剖面调整又具有自动调整的特性，使冲刷以“局部跌坎”的形式向上游发展，水流能量的消散集中，加强了冲刷能力，为多沙河流形成长期使用的调水调沙库容提供了可能性。

表 3 不同河段的不淤流及相应河宽值

| 比降 $J$ | 曼宁糙率 $n$ | 不淤水深/m | 单宽流量/($m^3\cdot(s\cdot m)^{-1}$) | 整治河宽/m | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $Q_{排沙}$ = 3 000 $m^3/s$ | $Q_{排沙}$ = 2 500 $m^3/s$ | $Q_{排沙}$ = 2 000 $m^3/s$ | $Q_{排沙}$ = 1 500 $m^3/s$ | $Q_{排沙}$ = 1 000 $m^3/s$ |
| 2 | 0.012 | 2.20 | 4.40 | 682 | 568 | 454 | 340 | 227 |
| 1 | 0.010 | 2.82 | 5.65 | 530 | 442 | 354 | 265 | 177 |

d. 在中小型水库泄空冲刷时产生的淤土滑塌，以及洪水排沙的高含沙水流的情景，在大型水库（如黄河小浪底水库）相似运用条件下也会产生。主动空库泄洪排沙是多沙河流调沙的优化模式，其为黄河下游河道利用洪水输送高含沙水流提供了可能。

e. 水库泄空冲刷高含沙水流的产生机理具有土力学基础，在水库运用中防止淤土固结，控制淤土的土力学特性指标的增长，是水库调度运用中应当注意的重要问题。

## 6 结 语

a. 基于小浪底水库建成、窄深河槽具有极强的泄洪能力和输沙潜力，双岸整治方案是稳定主槽、防止清水冲刷塌滩、形成窄深河槽的有效措施。

b. 在河道比降不变的情况下，排沙流量变化时可通过控制河槽宽度来达到河床不淤所需的水流条件，排沙流量由 3 000 $m^3/s$ 降到 1 000 $m^3/s$ 时，比降2/10 000 不淤河宽由 682 m 减小到 227 m，河道比降 1/10 000 的不淤河宽由 530 m 降为 177 m，说明在比降一定的情况下可以设计输沙流量不同的不淤河槽。

c. 通过水库调水调沙，充分利用洪水输沙，控制河槽淤积，增加主河槽的过洪能力，减少洪水漫滩机遇，才有可能达到河床不抬高，使黄河滩区人与自然和谐相处。

d. 利用洪水排沙不必刻意拦粗排细，这样不仅可以减少黄河下游河道淤积，同时也可以使黄河有限的水资源得到充分利用，把泥沙调到洪水期，提高洪水排沙期含沙量，充分利用洪水的输沙潜力输沙入海，将大量节省输沙用水量。增大洪水造床输沙作用后，可使河道输沙比降调平，减少河口延伸对下游河道的影响。

参考文献：


[1] 钱宁. 黄河中游粗泥沙来源区对黄河下游冲淤的影响[C]//钱宁论文集. 北京：清华大学出版社，1995.

[2] 钱宁，周文浩. 黄河下游河床演变[M]. 北京：科学出版社，1965：111.

[3] 尹学良. 黄河下游的河性[M]. 北京：中国水利水电出版社，1995：375.

[4] 麦乔威，赵业安，潘贤娣. 多沙河流拦沙水库下游河床演变计算方法[C]//麦乔威论文集. 郑州：黄河水利出版社，1995：96.

[5] 沙玉清. 泥沙运动学引论[M]. 北京：中国工业出版社，1965.

[6] 齐璞. 黄河高含沙量洪水输移特性及其河床形成[J]. 水利学报，1982(8)：34-43.

[7] 齐璞，刘月兰，李世滢，等. 黄河水沙变化与下游河道减淤措施研究[M]. 郑州：黄河水利出版社，1997：105-106.

[8] 齐璞，孙赞盈. 黄河冲积河床动床阻力、冲淤特性及输沙特性形成机理[J]. 泥沙研究，1994(2)：1-9.

[9] 齐璞，孙赞盈，刘斌，等. 黄河下游游荡河段双岸整治方案研究[J]. 水利学报，2003(3)：98-106.

[10] 齐璞，孙赞盈，侯起秀，等. 黄河洪水的非恒定性对输沙及河床冲淤的影响[J]. 水利学报，2005(6)：637-643.

[11] 齐璞，姬美秀，孙赞盈. 水库泄空冲刷高含沙水流形成机理[J]. 水利学报，2006(8)：906-912.



（收稿日期：2007-03-16　编辑：高建群）


·简讯·

# 全国水利科技大会在北京召开

全国水利科技大会于 2008 年 3 月 31 日至 4 月 1 日在北京召开。中共中央政治局委员、国务院副总理回良玉出席会议并讲话。他强调，要充分认识加快水利科技创新、促进水利事业又好又快发展的重要性和紧迫性，深入贯彻落实科学发展观，以全面提升自主创新能力为核心，进一步深化水利科技体制改革，大力加强水利科技创新，不断推进传统水利向现代水利转变，为防洪安全、供水安全、粮食安全和生态安全提供保障，以水资源的可持续利用支撑经济社会的可持续发展。他要求各地区、各有关部门要强化对水利科技工作的领导，把水利科技纳入科技发展总体规划；加大水利科技投入，建立以财政投入为主体的水利科技投入稳定增长机制；深化水利科技体制改革，着力构建水利科技创新体系；加强水利科技人才队伍建设，推进水利科技国际交流与合作。

水利部部长陈雷作了题为《加快水利科技创新步伐，为水利发展提供科技支撑和保障》的报告。

这次会议是新中国成立以来召开的第一次全国性水利科技大会，会议表彰了全国水利科技工作先进集体和先进个人，颁发了 2007 年度大禹水利科学技术奖。

（本刊编辑部供稿）