

黄河下游新情况、新问题、新的治理措施

齐璞¹, 孙赞盈¹, 齐宏海²

(1. 黄河水利委员会水利科学研究院, 郑州 450003; 2. 美国柏诚(PB)工程咨询公司, 新泽西劳伦斯维尔 08648)

[摘要] 黄河下游的堤防是按照小浪底建库前千年洪水设防水位, 加超高 2.5 m 或 3 m 设计, 堤后淤背宽度百米, 小浪底水库投入运用后下游宽河道段河槽下切 2 米多, 下游窄河段下切 1 米多; 在洪水不断减小的新形势下, 防洪形势发生根本性变化, 今后不存在大堤决口的可能。其合理的治理目标是, 在中游完善以小浪底水库为中心的调水调沙体系, 使更多泥沙由洪水输送; 在下游进行双向河槽整治, 稳定河槽, 形成高效排洪输沙通道; 控制河床不发生过渡冲刷, 保证两岸引水, 使洪水不漫滩; 彻底解放黄河下游滩区和防洪中横河斜河等诸多问题, 使黄河彻底由害河变为利河。

[关键词] 小浪底水库; 河道冲刷; 双向整治; 高效输沙; 完善调沙体系

[中图分类号] TV8 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2014)08-0064-05

1 前言

泥沙淤积是洪水在黄河下游危害的根源, 千百年来人们都希望河床能不抬高。黄河中上游水利工程的大量兴建, 水土保持与灌溉的发展, 使洪水发生的机会与洪峰流量大幅度减小, 今后控制河床不再淤积成为治理成败的关键。小浪底水库投入运用 13 年, 下游河道均发生巨大变化, 下游河道水位全程降低 1~2 米多, 平滩流量迅速增大, 游荡性河道依然宽浅散乱摆动, 横河、斜河不断发生, 滩区群众生产、生活、发展问题没有得到彻底解决。近年来研究表明, 黄河窄深河槽洪水期存在巨大泄洪输沙潜力, 黄河泥沙可充分利用洪水输沙入海^[1]。

由于黄河长期多沙, 且水沙组合不合理, 小水挟沙过多, 形成有 0.02%~0.01% 的较陡河道, 黄河下游河道花园口站的河床高程达到 90 多米 (93.88 m), 成为华北平原上海河流域与淮河流域

的分水岭, 目前河床纵坡面对利用洪水输送泥沙入海是富有余^[2]。黄河泥沙随洪水而来, 利用洪水输沙入海是最好的归宿。

形成窄深稳定的高效排洪输沙通道后, 不仅可以提高河道的输沙能力, 还可解决防洪中诸多问题。通过小浪底水库泥沙多年调节, 相机利用洪水排沙, 把泥沙调节到洪水时输送, 控制主槽不抬高, 甚至河床下切。为了保证小浪底水库泥沙多年调节运用可靠性, 需要在小北干流上修建枢纽, 调节黄河上游来水, 为完善以小浪底等水库综合利用适时排沙提供保证。

随着时间的推移下游河道不断冲刷, 河槽平滩流量增大, 引水困难, 当平滩流量大于 8 000 m³/s 以上河段, 需要兴建的低水头枢纽对河道冲刷进行控制。使河槽冲刷逐步向下游发展, 如桃花峪水库。

[收稿日期] 2014-04-20

[作者简介] 齐璞, 1942 年出生, 男, 北京市人, 教授级高级工程师, 主要从事河床演变与泥沙输移、高含沙水流输沙、河型转化、水库泥沙多年调节、河道整治等方面的研究工作; E-mail: 478108809@qq.com

2 新情况

2.1 河床发生强烈冲刷

小浪底水库投入运用以后,使得下游黄河河南河道、山东河道都发生了冲刷^[1]。1999年10月—2012年10月,小浪底水库库区淤积量为 $27 \times 10^8 \text{ m}^3$,水库仍处于拦沙运用的初期。近年来流域来沙量明显偏小,水库淤积速度比原来预计的要慢。根据黄河下游河道大断面的测量成果,2000—2012年运用年,利津以上河道共冲刷 $16.45 \times 10^8 \text{ m}^3$,年平均冲刷量为 $1.27 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。高村以上总冲刷量为 $11.89 \times 10^8 \text{ m}^3$,占冲刷总量的72%。其中夹河滩以上河段的冲刷量占冲刷总量的60%;夹河滩—高村河段总冲刷量为 $1.95 \times 10^8 \text{ m}^3$,占11.87%;高村—艾山总冲刷量为 $2.36 \times 10^8 \text{ m}^3$,占14.3%;艾山—利津河段总冲刷量为 $2.19 \times 10^8 \text{ m}^3$,占13.3%。图1给出了各河段过水面积的变化情况。其中黄河前9次(2002—2009年)调水调沙期共计冲刷 $3.4 \times 10^8 \text{ t}$,占该时段冲刷量的28.5%。

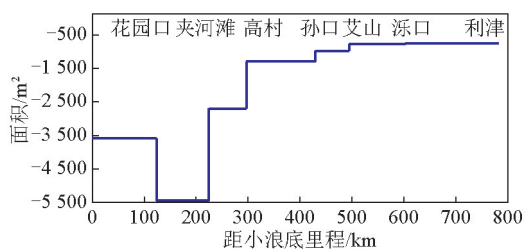


图1 1999年10月—2012年10月各河段主槽断面法冲淤面积

Fig. 1 Scour and deposition areas based on main channel cross sections methods in various reaches from October 1999 to October 2012

2.2 排洪能力显著增大

小浪底水库运用后,与2000年汛后相比,2012年汛后相同流量($2000 \text{ m}^3/\text{s}$)下游水位降低2.20~1.25 m(见表1)。水位下降幅度呈现出两头大、中间小的特点,花园口、夹河滩和高村在流量为 $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ 水位时分别下降1.88 m、2.20 m和2.20 m,艾山和利津下降1.25 m。经过13年的冲刷,黄河下游河道的排洪能力显著增大,与小浪底水库运用前相比,平滩流量增加了 $1100 \sim 3200 \text{ m}^3/\text{s}$ 。2012年汛后黄河下游各站的平滩流量分别达到 $4100 \sim 6900 \text{ m}^3/\text{s}$,其中花园口站的平滩流量最大^[1]。

表1 小浪底水库运用以来(2000—2012年)下游河道同流量水位变化

Table 1 Water surface elevation changes for the same discharge in the lower Yellow River after the operation of Xiaolangdi reservoir (2000—2012)

站名	流量 $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ 水位差/m	2000年 平滩流量 $(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	2012年 平滩流量 $(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	平滩流量 增加值 $(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$
花园口	-1.88	3 700	6 900	3 200
夹河滩	-2.20	3 300	6 500	3 200
高村	-2.20	2 500	5 400	2 900
孙口	-1.46	2 500	4 200	1 700
艾山	-1.25	3 000	4 100	1 100
利津	-1.25	3 100	4 500	1 400

现在花园口站以上河段的平滩流量大于 $7000 \text{ m}^3/\text{s}$,夹河滩以上河段大于 $6000 \text{ m}^3/\text{s}$,高村以上达 $5400 \text{ m}^3/\text{s}$,再加上1.2~2.5 m高的生产堤,可过 $7000 \sim 9000 \text{ m}^3/\text{s}$ 的流量。平滩流量最小的孙口河段也有 $4200 \text{ m}^3/\text{s}$,加上1.5~2.5 m高的生产堤,也可过 $7000 \text{ m}^3/\text{s}$ 的流量。艾山—利津河段平滩流量达到了 $4100 \sim 4500 \text{ m}^3/\text{s}$ 。小浪底水库今后还要进行泥沙多年调节,相机利用洪水排沙,河床还会向下冲刷,河段平滩流量还会增大。

2.3 洪峰、沙量均大幅度减小

黄河的来水主要在兰州以上,占黄河总水量的58%,1968年和1986年刘家峡和龙羊峡水库相继投入运用,水库对水量进行多年调节,汛期进入黄河下游的水量大幅减少。截至1994年黄河干支流上已修建大中小型水利枢纽600余座,总库容达到 $700 \times 10^8 \text{ m}^3$,超过黄河的年水量。仅小浪底、三门峡、刘家峡、龙羊峡四库的防洪库容就有 $156.2 \times 10^8 \text{ m}^3$,相当于黄河千年一遇洪水12天的来水总量。

黄河的支流上也兴建了很多大型水库,如防洪库容分别为 $6.77 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的伊河陆浑水库和 $6.98 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的洛河故县水库。使千年一遇洪水花园口站洪峰流量由 $42300 \text{ m}^3/\text{s}$ 降为 $22500 \text{ m}^3/\text{s}$;百年一遇洪水的洪峰流量也由 $29200 \text{ m}^3/\text{s}$ 降为 $15700 \text{ m}^3/\text{s}$;若发生1958年型 $22300 \text{ m}^3/\text{s}$ 洪水,花园口站洪峰流量将降为 $9620 \text{ m}^3/\text{s}$;自1982年发生 $15300 \text{ m}^3/\text{s}$ 大洪水至今,30年来花园口站的洪峰流量均没有超过

8 100 m³/s,小浪底水库投入运用以来没有出现大于5 000 m³/s。这说明大洪水发生的机会大幅度减少,洪水已经基本上得到了有效控制。花园口站从1950—2012年历年实测最大洪峰流量变化过程见图2。

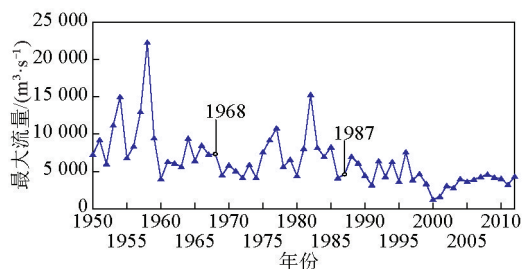


图2 花园口站1950—2012年实测最大洪峰流量变化

Fig. 2 Variations of measured peak discharges at Huayuankou station (1950—2010)

近10年来,由于集中产沙中游地区治理与社会经济发展形式的变化,流域来沙量明显锐减,年来沙量由以往10亿多吨减少到3亿多吨。

2.4 防洪形势新变化

由龙羊峡、刘家峡水库的联合运用后花园口站各级日均流量出现的天数统计表明,自1987年龙刘水库联合运用以来,花园口站的日均流量没有大于7 000 m³/s。但1986年以前则经常发生日均流量大于7 000 m³/s的洪水。小浪底水库投入运用的10多年来,没有发生大于5 000 m³/s的洪水;年来沙量也大幅度减小,由以往10亿多吨减少到3亿多吨。近年来的变化,主要是中游集中产沙、中游地区治理与社会经济发展形式的变化,使得流域洪水、产沙量明显锐减。

洪峰流量大幅减小,洪水造床作用显著减弱,大洪水漫滩机会减少。不会经常发生20世纪五六十年代的大洪水,利用过去的资料分析得出的“宽河滞洪堆沙作用”的结论,不能指导今后黄河下游河道的治理。黄河治理结果使洪峰流量的大幅度的减小是不可逆转的变化,今后黄河下游只要河床不抬高,洪水灾害不难解决。小浪底水库投入运用后防洪形势发生重大变化。

黄河下游的堤防是按照小浪底水库投入运用前千年洪水设防水位,在游荡河段加超高2.5 m,下游窄深河段超高加3 m设计,堤后淤背宽度百米,小

浪底水库投入运用后宽河道下切大幅度下切,河槽过流能力迅速增大,在洪水不断减小的形势下不存在大堤决口可能。其合理的治理目标是稳定主槽,控制河床不淤高,解决防洪中的诸多问题。

3 新问题

3.1 河槽冲刷,横河、斜河不断产生

在小浪底水库投入运用后,河床发生强烈冲刷,河底高程降低,发生了主流顶冲粘土淤积体,形成滩地坐湾、产生横河、斜河,钻裆,控导工程脱河的严重险情。2003年秋汛丰水,汛期主流坐湾,顶冲汉王城,王庵、贯台、蔡集等多处出现畸形河湾,致使以上河段形成不利流路与险情。影响最大的蔡集出险就是这样造成的。

2003年8月下旬,秋汛发生以后,为避免洪水大面积漫滩,小浪底水库进行控泄运用,将花园口站原本要达到5 000~6 000 m³/s的下泄流量控制在2 600 m³/s左右,该级流量的洪水在黄河下游持续时间长达80多天。2003年6月在兰考段蔡集工程上游1 000多米主流遇粘土抗冲层开始坐弯,形成畸形河势,在中水流量长时间作用下,蔡集工程上首的主河道不断向南冲刷滚动,直至9月18日冲垮生产堤,引起河势不断下挫,导致直冲蔡集34、35坝,出现重大险情,在二级悬河最为严重河段生产堤决口,一直到10月28日口门闭气,历时40天。口门最大分流量为800 m³/s,洪水走一路淹一路,造成滩区严重的淹没损失和极为不利的影晌。

3.2 水位下降引水困难

由表1给出黄河下游近年来水位迅速下降情况可知,在高村以上河段中水流量水位下降2 m以上,必然造成引水困难,尤其是花园口以上河段,人民胜利渠枯水期已经引水困难,如此发展下去今后可能更加困难。

3.3 滩区解放问题

黄河下游的治理,只有解决了河床不抬高问题,主槽过流能力增大,洪水漫滩机会减少,不仅防洪的大问题解除了,河道内滩区的所有问题,也必将逐渐淡化。才能使黄河滩区人们与自然和谐相处,滩区189万群众得到解放,359万亩耕地得到充分利用,体现了以人为本的科学发展观对现今黄河下游河道治理的客观要求。

4 新的治理措施

4.1 完善以小浪底水库为中心充分利用洪水排沙调控体系

三门峡水库的改建成功,创造了在多沙河流上长期保持水库有效库容的范例。然而三门峡水库的“蓄清排浑”运用方式经验有其局限性。其一是受潼关高程的限制,调沙库容小,不能对黄河泥沙进行多年调节,每年汛期不得不降低水位运用,往往使小水带大沙进入下游;其二是水位变幅小,不能产生强烈的溯源冲刷,形成充分利用洪水输沙的出库水沙条件,因而不能充分利用下游河道的输沙能力。

“拦、排、调、放、挖”以调为核心的治河方略,也为下游形成窄深河槽提供了技术支撑。黄河的泥沙随中游洪水而来,输沙入海也要利用洪水。黄河洪水多,才来沙多,水库排沙机会多,为利用洪水处理泥沙形成良性循环。

小浪底是峡谷型水库,具有进行泥沙多年调节运用能力^[4],会有更多的泥沙调节到洪水期输送,远大于三门峡水库的调节作用,为进一步整治游荡性河道创造了条件。其调节库容可以长期利用^[4,5]。

为充分利用下游河道在洪水期的输沙潜力,主槽过流能力要增大,洪水漫滩机会要少,尽量保持洪水的造床和输沙入海的作用,将来的黄河下游河道一般洪水不需要宽河削峰。

经过多年研究,当小浪底水库初期死库容淤满后,通过小浪底水库泥沙多年调节,相机利用洪水排沙,把泥沙调节到洪水时输送,可以控制主槽不抬高,甚至河床下切。因为底沙运功速度远比洪水波转播的慢^[6],每当发生高含沙量洪水时,主河槽都是冲的,洪水存在“涨冲落淤”的输沙特性,是造成洪水长距离冲刷的根本原因。

为了保证小浪底水库泥沙多年调节运用的主动性、灵活性,需要在小北干流上修建一处长期具有 $30 \times 10^8 \text{ m}^3$ 调节库容的枢纽,调节黄河上游来水,为小浪底等水库综合利用适时排沙提供可靠保证。

4.2 整治河槽,稳定河道,提高输沙能力

宽河是产生横河、斜河的环境;从汛后蔡集等处出险发生过程可知:在游荡河道上,普遍存在着“大水趋直,小水坐湾”的演变规律。当洪水试图沿着最大比降方向流动时,遇到阻水挡水物时被迫改变流向,若水下的边界条件无法预知时,河势变化

则呈现随机性,这是产生横河、斜河的主要原因^[7]。

游荡河道的演变以河道来回剧烈摆动著称。在游荡河道的形成与演变历史过程中可知,河床淤积物特性的分布记录河流的演变历史。其河床组成的特性具有随机性,在不同时间、不同环境形成淤积物截然不同。河床淤积物粗细与当时水流的强弱有关:如在死水河湾中淤积物均为粘土沉积体;而在水流流动区域内的淤积物,多为启动流速极低的细粉砂层,形成游荡河道河床组成物质特有的不均匀性,分布的无规律性,为横河、斜河产生潜伏下隐患。由以上分析可知只有制止游荡,形成稳定河槽,才能从根本上消除横河、斜河产生的条件。今后的首要任务是进行两岸整治稳定主槽^[8],解决防洪中的诸多问题。

今后下游河道整治的主要任务是在河槽下降 $2 \sim 3 \text{ m}$,摆动范围已经固定情况下如何进一步稳定主槽。河槽整治工程环境不同以往在河槽极为宽浅的河槽上防洪抢险修建控导工程,在洪水期施工,在经过小浪底水库调节后,一年300天枯水情况下,河槽整治均在枯水期进行,施工难度与工程造价都可大幅度节省,汛期也不需要抢险,工程设计可参考航道整治设计条件进行。

4.3 兴建桃花峪等水库进行纵向控制

目前黄河下游出现了1960年三门峡水库投入运用初期下泄清水下游河道强烈冲刷,水位降低需要修建花园口等水利枢纽进行纵向控制的局面。

桃花峪水库是2009年黄河流域综合规划中最后一座干流梯级工程,位于郑州市以北,花园口以上10多千米,规划库容 $17.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

兴建桃花峪水库可以发挥以下作用:a.可进一步控制黄河干流小浪底水库以下干支流无控制区的洪水;b.对小浪底水库投入运用后下泄的清水资源进行调配,充分满足中原经济区发展的需要,开发地区内陆航运,发展旅游的需要;c.控制黄河下游河道上河段河床冲刷,保证花园口以上河段引水,使黄河下游的冲刷能充分向下游发展。

建议早日修建桃花峪水库,或修复花园口枢纽,防御黄河水患,确保人民生命财产安全。兴建桃花峪水库对黄河下游治理与促进河南经济区的发展具有战略意义。

随着时间的推移,下游河道不断冲刷,河槽平滩流量的增大,水位降低,引水逐渐困难,当平滩流量大于 $8000 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上河段,需要新建的低水头枢纽

对河道冲刷进行控制,调节水量。使河槽冲刷逐步向下游发展,解决下游河道的泥沙问题。

5 结语

黄河经过未来若干年的治理开发,可以从一条灾害频繁之河变为一条效益巨大之河。黄河泥沙问题得到根本性解决,黄河将发生巨变,洪水不再泛滥,黄河的水资源也将得到充分利用。

参考文献

- [1] 齐 璞,孙赞盈,齐宏海.黄河下游泄洪输沙潜力和高效排洪通道构建[M].郑州:黄河水利出版社,2010.
- [2] 齐 璞,余 欣,孙赞盈,等.黄河高含沙水流的高效输沙特性

形成机理:黄河下游河道存在巨大的输沙潜力[J].泥沙研究,2008(4):74-81.

- [3] 齐 璞,齐宏海,田世民.2000年以来黄河下游河道巨变与前景展望[J].水利水电科技进展,2013,33(6):23-28.
- [4] 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,2006,37(8):906-912.
- [5] 齐 璞,曲少军,孙赞盈.关于优化黄河调水调沙运用方式的建议[J].人民黄河,2012(1):6-9.
- [6] 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,2005,36(6):637-643.
- [7] 齐 璞,孙赞盈,齐宏海.再论黄河下游游荡河道双向整治方案[J].泥沙研究,2011(3):1-9.
- [8] 储亚平等33位全国人大代表2011年建议(第6601号).关于加快黄河下游河道两岸整治形成窄深河槽、增大过洪输沙能力解放滩区的建议[R].水利部水规总院水利规划与战略研究中心:中国水情分析研究报告,2011(159).

New situations, new problems and new harnessing strategies for the lower Yellow River

Qi Pu¹, Sun Zanying¹, Qi Honghai²

(1. Institute of Hydraulic Research, Yellow River Conservancy Commission, Zhengzhou 450003, China;
2. Parsons Brinckerhoff, Lawrenceville, New Jersey 08648, USA)

[Abstract] The levee system of the lower Yellow River was designed based on 1000-year flood elevation prior to the construction of Xiaolangdi Reservoir, and it was super-elevated by 2.5 to 3 m for safety reason. The embankment behind the levee due to deposition was measured to be 100 m wide. After the operation of Xiaolangdi reservoir, the channel of the wide reach was scoured around 2 m, and for the narrow reach the scoured depth was more than 1 m. Under the new condition which the flood has been reduced continuously, fundamental changes have taken place for the flood protection situation, and there is no possibility of levee breaching in the future. The reasonable control measures for the lower Yellow River were discussed in the paper. In the middle reach, improve the flood and sediment regulation system centered on Xiaolangdi Reservoir, and manage to transport more sediment by flood. In the lower reach, carry out two banks training to stabilize the main channel, form an efficient flood discharge and sediment transport corridor, control the scour to avoid over-eroding of river bed to ensure the water diversion and non-overtopping of the flood. By using this approach, the floodplain can be reasonably utilized, and many issues like river flowing transversely and diagonally can be fully resolved. The lower Yellow River will have more beneficial uses instead of posing more hazards.

[Key words] Xiaolangdi reservoir; scour channel; two banks training; efficient sediment transport; improve the sediment regulation system