

小浪底水库调水调沙对黄河下游河道冲淤的影响分析

付春兰, 李庆银, 王庆斌, 李倩

(黄河水利委员会山东水文水资源局, 山东 济南 250100)

摘要: 分析了自2002年起小浪底水库每年实施调水调沙在黄河下游河道冲刷中的作用, 指出小浪底水库调水调沙有利于下游河道冲刷, 但通过资料分析, 冲刷的幅度有逐年变小的趋势, 为此, 恰当地评价当前调水调沙的作用十分必要。

关键词: 调水调沙; 河道冲刷; 过流能力; 河道粗化

中图分类号: TV697.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)05-0173-03

Influence of water and sediment regulation of the Xiaolangdi reservoir on the channel scouring and silting of lower reaches of the Yellow River

FU Chunlan, LI Qingyin, WANG Qingbin, LI Qian

(Shandong Hydrology and Water Resources Bureau of the Yellow River Water Conservancy Committee, Jinan 250100, China)

Abstract: The function of water and sediment transfer of Xiaolangdi Reservoir to the river erosion of the lower reaches of the yellow river has been analysed since 2002 and pointed out that the water and sediment transfer is benefit to the river erosion. However, according to recent data, river erosion amplitude is becoming smaller year after year. Therefore, proper evaluation of the function for current water and sediment transfer is quite necessary.

Key words: water and sediment regulation; river bed scouring; flow capacity; channel coarsening

黄河小浪底水库于1999年10月28日下闸蓄水, 自2002年起, 小浪底水库实施了调水调沙, 调水调沙下泄的水流造成了下游河道的全线冲刷, 扭转了20世纪末期以前出现河床严重淤积, 河道日益萎缩的局面, 并正在向有利的方向发展。总结调水调沙对下游河道的作用, 无论对于提高当前调水调沙对河道的冲刷效率, 还是对于今后更好地发挥它在改造黄河下游河道中的作用都是十分重要的。

1 小浪底水库调水调沙

1.1 概况

调水调沙一般在汛初进行, 主要利用小浪底水库汛限水位以上的蓄水量, 在腾空水库时与万家寨、三门峡水库或支流陆浑、古县水库联合调节出库流量, 形成有利于下游河道冲刷的水沙组合。在适当来水来沙条件下, 如2003年及2007年汛期也进行调水调沙。

一般来说, 在调水调沙运行开始时, 水库急剧加大泄量 $2\,500 \sim 3\,000 \text{ m}^3/\text{s}$, 以后下泄流量维持不变, 形成“平头洪峰”直至库水位降至汛限水位, 停止调

水调沙运行, 中间, 由于上游来洪或小浪底库区冲刷, 有一些沙峰出库多属于异重流排沙。

1.2 沙条件的特点

经过小浪底水库的调节, 黄河下游的来水来沙条件出现了一些新的特点, 下面以冻口水文站2002年至2011年实测资料统计计算得出结论: ①来水量主汛期6-10月的平均来水量占全年的64.7%, 非汛期3-5月15.2%, 凌汛期11-2月20.2%。②来沙量主汛期6-10月的平均来水量占全年的85.3%, 期间的含沙量也主要为每年6月19日左右至7月10日左右小浪底的调水调沙期, 非汛期3-5月11.0%, 凌汛期11-2月3.7%。③洪水次数少, 流量小, 汛期以 $1\,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 以下流量为主, $2\,500 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上流量出现较少。

由以上资料可以分析出, 主汛期由占全年总水量64.7%的来水量带走了占全年总沙量的85.3%的来沙量, 主要是由调水调沙期的大于或等于 $2\,500 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上流量, 此流量级的相应的流速也大、挟沙能力也大, 能携带大量泥沙流向下游, 使河道得到强烈冲刷。

1.3 调沙使黄河下游河道全河性冲刷

在小浪底水库下泄清水影响下,黄河下游河道发生了全河性冲刷(见表1)。下面以高村站和涑口站历年调水调沙断面冲淤变化图说明:所取河道横断面均为调水调沙水位落平后的水道断面,高村站河道断面为宽浅型河道断面,经调水调沙:一方面河底高程逐年降低,另一方面河道断面逐渐向窄深方向发展,见图1。通过表1的分析可以得出同样的结论。涑口水文站属窄深河道,通过图2同样可以看出水道断面也得到了强烈的冲刷。但是,由图1、图2还可以发现:年际之间河道断面有部分表现出,冲淤变化较小或出现淤积现象,例如2010年与2009年比较出现淤积的现象,这一现象说明:冲刷效率有逐渐变小的趋势。

1.4 调水调沙对黄河下游河道过流能力影响

以高村水文站及涑口水文站的过流能力趋势图(图3、图4)及平滩流量增加值统计表(表2)说明黄河下游河道经小浪底水库调水调沙过流能力的发展趋势。

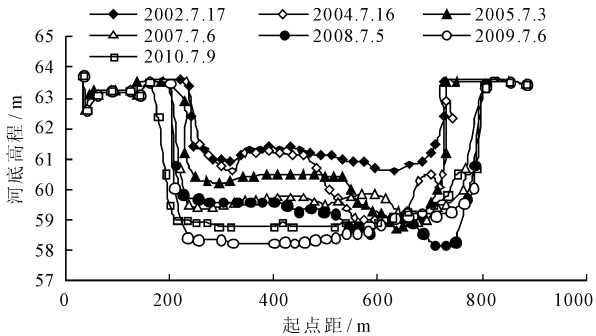


图1 黄河高村站历年调水调沙断面冲淤变化图

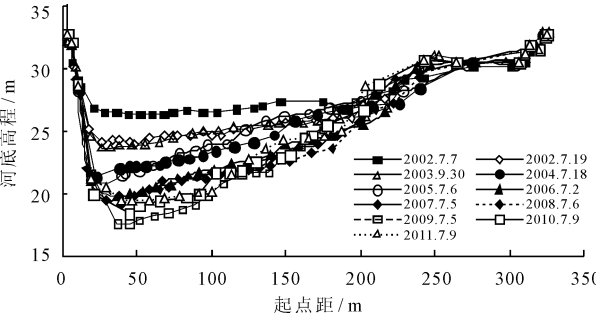


图2 黄河涑口站历年调水调沙主槽断面冲淤变化图

表1 黄河下游调水调沙断面冲淤统计表

施测日期	高 村		孙 口		涑 口		利 津	
	平均河底高程	冲淤深度	平均河底高程	冲淤深度	平均河底高程	冲淤深度	平均河底高程	冲淤深度
2002-07-04			46.61		27.98		11.34	
2002-07-20	61.75		46.36	-0.25	27.12	-0.86	10.95	-0.39
2003-09-25			46.06	-0.30	27.01	-0.11	10.73	-0.22
2004-07-18	61.32	-0.43	46.38	0.32	26.19	-0.82	10.13	-0.60
2005-07-04	60.97	-0.35	45.72	-0.66	26.46	0.27	9.96	-0.17
2006-07-01			46.12	0.40	25.37	-1.09	9.80	-0.16
2007-07-04	60.28	-0.69	46.09	-0.03	25.30	-0.07	9.60	-0.20
2008-07-07	59.89	-0.39	45.39	-0.70	25.05	-0.25	9.66	0.06
2009-07-10	59.43	-0.46	45.38	-0.01	24.98	-0.07	9.33	-0.33
2010-07-10	59.64	0.21	45.33	-0.05	25.27	0.29	9.53	0.20

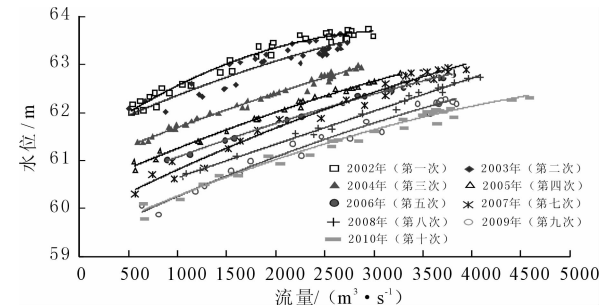


图3 黄河高村站历年调水调沙主槽过流能力趋势图

过流能力总的趋势是逐年增加,开始调水调沙的前几年2002-2006年过流能力变化幅度较大。高村站2006年与2007年的过流能力趋势线中高水时有交叉的现象,2009年与2010年趋势线中低水位时有重合的现象,见图3,同样涑口站2008年与

2009年、2010年与2010年的趋势线出现几乎重合的现象,见图4,这一现象说明2007年以后黄河下游过流能力有逐渐减小的趋势。通过表2的统计数据可以得出同样的结论。

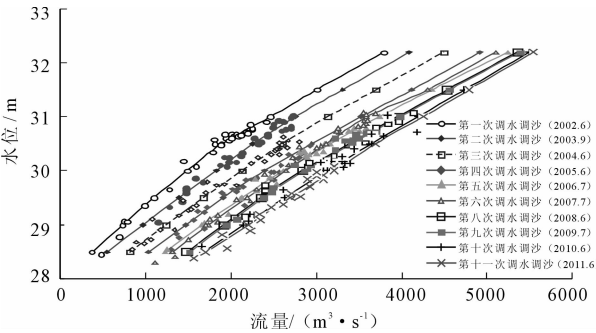


图4 黄河涑口站历年调水调沙主槽过流能力趋势图

表2 黄河下游经调水调沙平滩流量的增加 m³/s

年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2002 - 2010 年 流量增值
高村	1800	2500	3300	4500	4300	4600	4780	4800	5000	3200
孙口	2400	2600	3100	3500	3880	3840	4100	4450	4300	1900
冻口	3790	4090	4490	4920	5240	5100	5260	5360	5500	1710
利津	3350	3600	4150	4250	4400	4550	4800	4950	5200	1850

2 洪水期间河道冲淤

2.1 洪水情况

2002 年 - 2011 年调水调沙期间,其中高含沙洪水 2 次,小浪底最大流量 4 210 m³/s(花园口相应流量 4 290 m³/s),最小流量 955 m³/s,一般洪峰流量 2 500 m³/s,小浪底水库下泄泥沙一般都是异重流排沙,粒径小于 0.025 mm 两次高含沙洪水的最大含沙量分别为 352 kg/m³ 及 303 kg/m³。

2.2 洪水期河道冲刷

以 2011 年冻口站调水调沙期河道冲淤变化图进行直观的说明随着洪水涨落,河道断面有不同程度的冲淤变化,由图 5 可以明显看出:涨水过程中河道断面得到强烈冲刷,洪水接近峰顶和达到峰顶时,河道断面冲刷最大,在落水过程中,流速减小,河道有不同程度的淤积,洪峰水位落平时的河道断面明显的淤积,但调水调沙过程总的趋势是冲刷的。

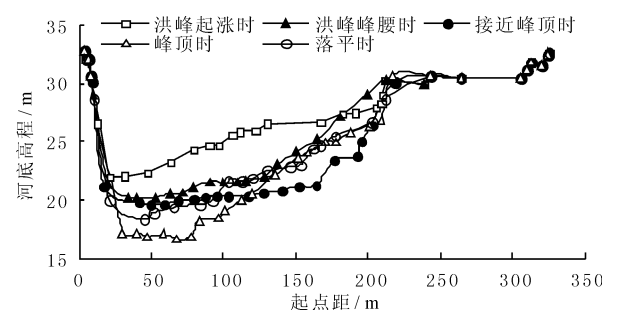


图5 冻口 2011 年调水调沙断面冲淤图

3 冲刷效率逐渐降低

在河道持续冲刷过程中,影响冲刷的因素除来水来沙和河床形态以外,主要是河床的粗化。它一方面增加河床对水流的阻力,减弱水流挟沙力,更重要的是表面较细泥沙的冲失减少了河床对水流的泥沙补给,小浪底水库运用期间,花园口站床沙中径由 0.082 mm 增大到 0.22 mm,高村由 0.060 mm 增大到 0.157 mm,利津由 0.046 mm 增大到 0.12 mm,全河普遍增加约 2.25 倍^[1]。可以想象,在长期清水冲刷后,河床表面已经形成了与最大流量相适应的粗化层,只要来水量小于上述最大流量,它形成的床面粗化层就不可

能被揭穿,水流就越来越不可能再从河床中得到大量的较细泥沙的补给,河床的冲刷量和冲刷率随之减弱,河床粗化也影响了汛期洪水的冲刷,只有当更大的来水把粗化层揭穿,河床补给才能增加,河床冲刷量及冲刷效率才有可能有所恢复^[3]。

4 发挥调水调沙作用的途径

调水调沙主要是在汛前利用水库汛限水位以上的蓄水量,以流量比较平稳的“平头洪峰”形式下泄,有 20% 左右的细泥沙以异重流的形式泄出库。另一方面,下游河道经过多年冲刷,过流能力有了明显提高。2007 年第一次调水调沙,小浪底下泄流量 4 210 m³/s,花园口最高水位 92.87 m,相应流量 4 290 m³/s,孙口最大流量 3 980 m³/s,卡口段最小流量已达 3 630 m³/s,所以,在不影响生产堤安全的条件下,小浪底以较大的洪峰(不是平头洪峰)形式下泄较大流量,对于破坏已有粗化层,提高下游河道的冲刷效率是有利的^[2]。

5 结 语

(1)调水调沙以来,下游河道得到强烈的冲刷扩大了泄洪能力,扭转河道萎缩局面起了重要作用。在来水量比较丰沛和不严重威胁生产堤安全的前提下,调水调沙采用洪峰形式加大下泄流量,对提高冲刷效率有利。近年来调水调沙和洪水中冲刷效果的降低应当引起重视。

(2)小浪底水库尚在蓄水拦沙阶段,除了要研究如何提高现阶段调水调沙的冲刷效果外,随着水库的淤积和库容损失的增加,对于调水调沙的难度及其效果不能掉以轻心。

参考文献:

[1] 陈建国,周文浩,孙高亮. 黄河小浪底水库初期运用与下游河道冲淤的响应[J]. 泥沙研究,2008(5):1-8.
[2] 黄河水利委员会. 小浪底水库拦沙初期运用分析评估报告[R]. 郑州:黄河水利委员会,2007,5.
[3] 钱宁. 从黄河下游的河床演变规律来看河道治理中的调水调沙问题[J],地理学报,1978,33(1):13-26.