

小浪底水库运用初期黄河下游河道冲刷特征分析^{*}

张宝利¹ 卢书慧² 张治昊³

- (1. 小开河引黄灌溉管理局, 山东 滨州 256600;
2. 黄河河口管理局, 山东 东营 257091;
3. 中国水利水电科学研究院, 北京 100048)

【摘要】 本文采用实测资料分析和理论分析相结合的方法,研究了小浪底水库运用初期黄河下游河道冲刷特征。研究表明:小浪底水库运用初期,黄河流域历经枯水少沙系列年,大洪水较少;一般情况下水库下泄清水,洪水期间水库以异重流为主排出细泥沙,进入下游河道的泥沙明显减少。2000—2015年,黄河下游河道发生持续冲刷,累计冲刷泥沙量为8.895亿m³,河道淤积萎缩的局面得到有效遏制。

【关键词】 黄河下游;小浪底水库;河道冲刷;调水调沙

中图分类号: TV698.1+7

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2018)02-068-03

Analysis on river erosion characteristics in lower reaches of the Yellow River during initial stage of Xiaolangdi Reservoir application

ZHANG Baoli¹, LU Shuhui², ZHANG Zihao³

- (1. Xiaokai River Yellow River Diversion Irrigation Authority, Binzhou 256600, China;
2. Yellow River Estuary Authority, Dongying 257091, China;
3. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100048, China)

Abstract: In the paper, the method of combing measured data analysis and theoretical analysis is adopted for studying river erosion characteristics in lower reaches of the Yellow River during initial stage of Xiaolangdi Reservoir application. The research results show that Yellow River river basin suffers from dry and drought series years during initial stage of Xiaolangdi Reservoir application, and severe flood is less. Clear water is drained from the reservoir under normal circumstances. The reservoir during flood season is based on density current, fine sediment is discharged, and the sediment entering into the downstream channel is reduced obviously. The downstream channel of the Yellow River suffers from continuous scouring from 2000 to 2015. The accumulated sediment is 88.95 billion m³, and the situation of river silting shrinkage is effectively contained.

Key words: Yellow River lower reaches; Xiaolangdi Reservoir; river channel erosion; water-sediment regulation

* 国家十三五重点研发计划重点专项(2016YFC0402408);中国水科院科研专项(泥基本科研KY1785)。

1 前言

黄河是中华民族的母亲河,也是世界上最为复杂难治的河流。黄河干流河道全长 5464km,流域面积 79.5km²。黄河具有善淤、善决、善徙的特征,其安危始终是中华民族的心腹之患。在长期治理黄河的实践中,许多学者提出和实践过多种设想和对策。治河思想是一定历史条件下的产物,随着自然环境的变化和黄河水沙关系的改变,治河思想也相应发生变化。1999 年 10 月,小浪底水库的投入运用,改变了进入黄河下游的水沙条件,导致黄河下游防洪形势发生了相应变化,研究小浪底水库运用初期的黄河下游河床冲淤演变特征,可以及时掌控小浪底水库运用后的防洪形势,不断完善小浪底水库运用方式,是进一步黄河治理和可持续开发的基础^[1]。本文在分析小浪底水库运用初期(2000—2015 年)黄河下游水沙特征的基础上,研究了相应时期黄河下游河道冲刷特征,试图为小浪底水库运用后的下游河道治理提供科技支撑。

2 小浪底水库运用初期黄河下游水沙特征

2.1 年际水沙特征

小浪底水库运用初期(2000—2015 年),年均进入下游水量 223.10 亿 m³,较多年均值偏少 44%,年均进入下游沙量 0.648 亿 t,较多年均值偏少 94%,属于枯水枯沙系列。其中汛期平均水沙量分别为 82.10 亿 m³ 和 0.63 亿 t,较多年同期均值分别偏少 62% 和 94%。年平均含沙量 2.9kg/m³,汛期平均含沙量 7.7kg/m³,与多年年均值(29kg/m³)和多年汛期均值(48kg/m³)相比,大幅度减少。

2.2 汛期洪水特征

小浪底水库运用初期(2000—2015 年),汛期下游水流过程以 1000m³/s 流量级以下的小流量为主。汛期花园口小于 500m³/s 流量级的历时为 49.7d;500~1000m³/s 流量级历时为 51d。小浪底水库运用初期(1999—2015 年),花园口洪峰流量大于 2000m³/s 的洪水仅 16 场,年平均仅 2.4 场,较多年平均偏少 60%;没有洪峰流量大于 4000m³/s 的洪水,多年平均 3.6 场,洪水场次明显偏少。7 年中花园口最大洪峰仅 3970m³/s,洪峰流量明显减小^[2]。

2.3 入海水沙特征

小浪底水库运用初期(2000—2015 年),年均入海(利津站)水量 131.85 亿 m³,较多年均值偏少 59%,年均入海沙量 1.562 亿 t,较多年均值偏少 81%,也属于枯水枯沙系列。其中汛期平均水沙量分别为 68.69 亿 m³ 和 1.062 亿 t,较多年均值分别偏少 66% 和 85%。年平均含沙量 11.5kg/m³,汛期平均含沙量 15.5kg/m³,与多年年均值(25kg/m³)和多年汛期均值(35kg/m³)相比,大幅度减少。

3 小浪底水库运用初期黄河下游河道冲刷特征分析

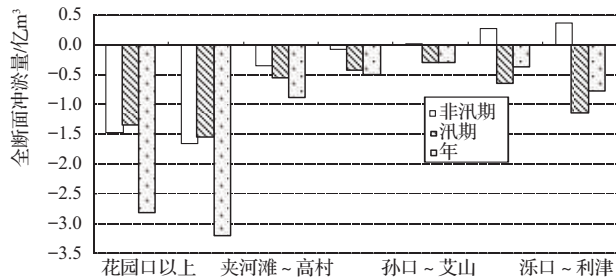
3.1 河道冲刷年际变化特征

小浪底水库运用初期(2000—2015 年),水库除调水调沙和洪水期间外,以下泄清水为主,下游河道全程持续冲刷,河道淤积萎缩的局面得到有效遏制^[3]。根据实测大断面资料计算,16 年下游累计冲刷量为 8.895 亿 m³,其中汛期冲刷量为 5.993 亿 m³,占全年冲刷量的 67%,14 次调水调沙冲刷 1.954 亿 m³,占汛期冲刷量的 33%。16 年中,除 2002 年调水调沙期间滩地淤积 0.477 亿 m³ 外,其余冲淤均发生在河槽。16 年中,主槽累计冲刷量为 9.373 亿 m³,其中汛期占 69%。从年际冲刷量看,2003 年冲刷量最大,为 2.62 亿 m³,占 16 年总冲刷量的 29%;2000—2002 年 3 年冲刷相对较少,均在 0.8 亿 m³ 左右,3 年合计占冲刷总量的 26%。

3.2 河道冲刷沿程变化特征

小浪底水库运用初期(2000—2015 年),黄河下游河道实现全程冲刷。从冲刷量沿程分布看,全年呈现出两头大中间小的特点。其中高村以上河段冲刷量占冲刷总量的 78%,涑口—利津河段占冲刷总量的 9%;孙口—艾山和艾山—涑口河段冲刷量仅占冲刷总量的 3%~4%。非汛期孙口以上沿程冲刷量逐渐减少,冲刷主要在夹河滩以上,其冲刷量为 3.133 亿 m³,孙口以下沿程淤积量逐渐增加,涑口—利津河段淤积量达 0.368 亿 m³。汛期全程冲刷,冲刷量与年冲刷量表现一样,也呈现出两头大中间小的特点。花园口—夹河滩河段主槽持续累计冲刷 3.267 亿 m³,占全下游主槽冲刷量的 35%,是下游冲刷量最多的河段;孙口—艾

山河段主槽累计冲刷 0.304 亿 m^3 , 占全下游主槽冲刷量的 3%, 是下游冲刷量最小的河段^[4], 参见下图。



黄河下游河道 2000—2015 年冲刷沿程变化特征图

3.3 河道冲刷发展过程

小浪底水库运用初期(2000—2015年),黄河下游河道沿程冲刷随着时间的推移不断向下游发展。从冲刷发展过程看,2000年为小浪底水库运用后的第一年,夹河滩以上河段发生冲刷,夹河滩以下均发生淤积。2001年冲刷发展到高村,高村以下河段处于微淤状态。2002年由于调水调沙冲刷集中在两头,即高村以上和冻口以下两个河段,高村—冻口河段发生淤积,主要是因为该河段在洪水期发生漫滩,部分泥沙落淤到滩地上。2003年由于调水调沙和秋汛期洪水持续冲刷,基本上达到全程冲刷。2004—2015年,全下游各河段均发生冲刷,且均以孙口—艾山河段的冲刷量为最小。2015年冲刷主要集中在孙口以上和冻口以下河段,孙口—艾山基本冲淤平衡,艾山—冻口河段发生淤积;初步分析认为,孙口以下河段没有发生冲刷,甚至发生淤积,主要是由于汛期水量少,特别是洪水的量级很小,只有调水调沙的平均流量在 $3000m^3/s$ 以上,其他洪水的平均流量均在 $1500m^3/s$ 以下。

3.4 洪水期河道冲刷特征

小浪底水库运用初期(2000—2015年),黄河下游花园口洪峰流量大于 $2000m^3/s$ 的 16 场洪水中,花园口水量占 16 年总水量 28%,沙量占 16 年沙量的 59%,历时占 16 年总历时的 10%,利津以上冲淤量占 16 年总冲刷量的 42%。各河段洪水冲刷量占相应河段的冲刷比例分别为花园口以上 37%、花园口—夹河滩 20%、夹河滩—高村 36%、高村—孙口 97%、孙口—艾山 243%、艾山—利津 29% (见右表)。由于部分洪水

期间没有考虑引沙,实际冲淤量可能更大。高村—艾山河段冲刷主要发生在洪水期间,洪水冲刷量占相应河段的冲刷量比例超过 95%,特别是孙口—艾山河段达到 243%。高村—孙口和孙口—艾山河段 14 次调水调沙冲刷量分别占相应河段的 45% 和 94%。高村—艾山河段主要依靠洪水冲刷^[5]。

16 场洪水冲刷量占相应河段总冲刷量的比例表

项目	白—花	花—夹	夹—高	高—孙	孙—艾	艾—利	白—利
16 次洪水/ %	37	20	36	97	243	29	42
次调水调 沙/%	18	11	22	45	94	50	22

4 结论

小浪底水库运用初期(2000—2015年),黄河流域历经枯水少沙系列年,大洪水较少,仅 2003 年秋汛期水量较为丰沛。这 16 年来小浪底水库运用以蓄水拦沙为主,期间进行 14 次调水调沙试验,绝大多数中粗泥沙拦在库里,进入黄河下游的泥沙明显减少,一般情况下,小浪底水库下泄清水,洪水期间水库以异重流为主排出细泥沙,从而使得下游河道发生持续的冲刷,河道淤积萎缩的局面得到有效遏制。根据实测大断面资料计算,16 年下游累计冲刷量为 $8.895 亿 m^3$,其中汛期冲刷量为 $5.993 亿 m^3$,占全年冲刷量的 67%,14 次调水调沙冲刷 $1.954 亿 m^3$,占汛期冲刷量的 33%。2000—2015 年的 16 年中,除 2002 年调水调沙期间滩地淤积 $0.477 亿 m^3$ 外,其余冲淤均发生在河槽。◆

参考文献

- [1] 胡春宏. 黄河水沙过程变异及河道的复杂响应[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [2] 尚红霞, 孙赞盈. 小浪底水库运用以来下游河道冲淤效果分析[R]. 郑州: 黄河水利科学研究院, 2007.
- [3] 潘贤娣, 李勇, 张晓华, 等. 三门峡水库修建后黄河下游河床演变[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2006.
- [4] 胡春宏, 陈建国, 郭庆超, 等. 黄河水沙调控与下游河道中水河槽塑造[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [5] 李文学, 李勇, 姚文艺, 等. 黄河下游河道行洪能力对河道萎缩的响应关系[J]. 中国科学 E 辑, 2004, 34(增刊): 126-132.