

渭河下游近期冲淤变化及其原因分析

石长伟^{1,2}, 张英³, 梁林江², 刘俊¹

(1. 陕西省河流工程技术研究中心, 陕西 西安 710018; 2. 陕西省江河水库管理局, 陕西 西安 710018; 3. 陕西水利水电工程集团有限公司, 陕西 西安 710086)

摘要: 2002年三门峡水库原型试验运用以来(近期),渭河下游冲淤出现“总体由淤转冲”的明显变化,综合整治前后均呈“上下冲、中间淤,总体冲”的冲淤分布。分析表明:综合整治前潼关高程下降是渭河下游冲刷最主要的影响因素,综合整治期间渭河下游冲刷量增大主要是大规模工程建设在河道内取土等人类活动造成的。建议近期河道治理中应适时在不利畸形河湾修建控导工程、加固或续建洪水顶冲工程,加强对不利河势的控导,确保岸坡稳定与防洪工程安全。

关键词: 渭河下游; 冲淤变化; 冲淤原因; 人类活动

中图分类号:TV14 文献标识码:A 文章编号:1672-643X(2018)01-0134-04

Analysis of the change and reason of scouring and deposition in the lower reaches of Weihe River

SHI Changwei^{1,2}, ZHANG Ying³, LIANG Linjiang², LIU Jun¹

(1. Shaanxi Engineering Research Center of River, Xi'an 710018, China; 2. River Basin and Reservoir Bureau of Shaanxi Province, Xi'an 710018, China; 3. Shaanxi Water Resources & Hydropower Engineering Group Co., Ltd., Xi'an 710086, China)

Abstract: Since the application of prototype test of the Sanmenxia Reservoir in 2002, the lower reaches of the Weihe river washed silt appears "overall from Deposition change into scour" significant change, before and after of the implementation of comprehensive engineering governance of the lower of Weihe River, the distribution of scour and silting was "upper and lower part is scour, central section is siltation, overall is still scour". The analysis showed that before the comprehensive improvement, descending Tongguan elevation is the main impact factor of Weihe River downstream scouring, during the comprehensive improvement the increase of erosion in the lower Weihe River is mainly caused by human activities such as the large scale construction of soil digging in the river course. It is suggested that the river control project should be constructed in a timely manner in the adverse deformed river bend to reinforce or renew the flood top-flushing project, strengthen the control over unfavorable river regime, to ensure the safety of the stability of slope and flood control engineering.

Key words: lower reaches of Weihe River; change of scour and fill; reason of erosion and deposition; human activity

1 渭河下游冲淤概况

渭河下游历史上是微淤的冲淤平衡的地下河^[1],由于三门峡水库修建与运用,渭河下游河道

局部侵蚀基准潼关高程大幅度抬升,造成渭河下游泥沙大量淤积,由微淤的冲淤平衡的地下河演变为地上“悬河”,从根本上改变了渭河下游的河道条件和冲淤形势,影响深远而复杂^[2]。

收稿日期:2017-05-19; 修回日期:2017-06-15

基金项目:陕西省科学技术研究发展计划项目(2014KRM87); 陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2014JM7281); 水利部公益性行业科研专项项目(201101044、201001059); 陕西水利科技计划项目(2013slkj-24、2014slkj-01)

作者简介:石长伟(1973-),男,河南卢氏人,大学本科,高级工程师,主要从事水文水资源、泥沙治河与防洪、河道治理与河流生态等研究工作。

通讯作者:张英(1976-),女,陕西渭南人,工程师,主要从事水利工程施工、建设管理等工程技术工作及防洪、河道治理等科研工作。

渭河下游不同时期冲淤情况统计见表 1,可以看出,渭河下游淤积呈“下大上小”典型的溯源淤积形态,2002 年汛期后累计淤积体达历史最大值 $13.2182 \times 10^8 \text{ m}^3$;之后,渭河下游冲淤以冲为主,2015 年汛后累计淤积体 $10.4876 \times 10^8 \text{ m}^3$,较最大淤积量减少 $2.7306 \times 10^8 \text{ m}^3$,有所冲刷^[3]。从淤积程度看,淤积最严重时期发生在蓄清排浑运用之前,累计淤积体 $10.0746 \times 10^8 \text{ m}^3$,占历史最大淤积量的 76.22%,占目前下游总淤积量的 96.06%。从淤积部位看,各个时期淤积重心均在渭淤 10 以下河段,一般占下游全部淤积的 70% 左右;渭淤 10~26 河段也有较大的累计淤积量,一般占下游全部淤积的 30% 左右;渭淤 26 以上河段有冲有淤,总体呈冲刷状态,共冲刷 $1.4923 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

2 渭河下游近期(2002 年汛后原型试验以来)冲淤变化情况分析

2.1 综合整治前冲淤变化情况

2002 年汛后三门峡水库开始原型试验运用至渭河下游综合整治前(2002 年 9 月 - 2010 年 11 月),渭河下游冲淤体成果统计见表 2。可以看出,该时期河道以冲为主,共冲刷泥沙 $1.5023 \times 10^8 \text{ m}^3$,年均冲刷量 $0.1879 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。从河段冲淤看,渭淤 10 以下河段年度有冲有淤、总体以冲为主,冲刷 $1.0068 \times 10^8 \text{ m}^3$;渭淤 10~26 河段年度有冲有淤、总体以淤为主,淤积 $0.3390 \times 10^8 \text{ m}^3$;渭淤 26 以上河段全部为冲刷,冲刷 $0.8354 \times 10^8 \text{ m}^3$;全河段呈“上下冲、中间淤,总体冲”的淤积分布。

表 1 渭河下游不同时期各河段淤积量统计成果表(断面法成果,以水文年计)

时 段						合计	冲淤变化特征	备注
	渭拦~渭淤 1	渭淤 1~10	渭淤 10~26	渭淤 26~37				
1960-04 - 1973-10	0.3963	6.6307	3.0685	-0.0209	10.0746	中下段淤、 上段冲	蓄清排浑 运用之前	
占全河段/%	3.9	65.8	30.5	-0.21	100			
1960-04 - 1986-10	0.4759	6.6955	2.6052	0.0631	9.8397	全河段淤积	龙羊峡 运用之前	
占全河段/%	4.8	68.0	26.5	0.6	100			
1960-04 - 2002-09	0.6003	8.5811	3.7654	0.2714	13.2182	全河段淤积	原型试验 运用之前	
占全河段/%	4.5	64.9	28.5	2.1	100			
1960-04 - 2015-10	0.5312	8.0229	3.4258	-1.4923	10.4876	中下段淤、 上段冲	建库以来	
占全河段/%	5.1	76.5	32.7	-14.2	100			

表 2 2002 年汛后 - 2010 年汛后渭河下游各河段冲淤量

时 段	渭拦~ 渭淤 1	渭淤 1~10			渭淤 10 ~26	渭淤 26 ~37	合 计
		渭淤 1~4	渭淤 4~10	渭淤 1~10			
2002-09-27 - 2003-11-23	-0.0560	-0.1870	-0.2722	-0.4592	0.4034	-0.0623	-0.1741
2003-11-23 - 2004-10-23	0.0104	0.0484	0.0443	0.0927	0.0081	-0.0527	0.0585
2004-10-23 - 2005-10-21	-0.0541	0.0114	-0.0540	-0.0426	-0.0117	-0.0691	-0.1775
2005-10-21 - 2006-10-24	0.0467	0.0570	0.1362	0.1932	0.0246	-0.1245	0.1400
2006-10-24 - 2007-10-18	-0.0106	-0.0208	-0.0733	-0.0941	0.0624	-0.1060	-0.1483
2007-10-18 - 2008-09-24	0.0042	0.0251	0.0365	0.0616	0.0073	-0.0742	-0.0011
2008-09-24 - 2009-10-24	0.0044	-0.0045	-0.0471	-0.0516	-0.0801	-0.0456	-0.1729
2009-10-24 - 2010-11-05	-0.0017	-0.0491	-0.6010	-0.6501	-0.0750	-0.3010	-1.0278
2002-09-27 - 2010-11-05	-0.0567	-0.1195	-0.8306	-0.9501	0.3390	-0.8354	-1.5032

从时段冲淤变化来看:2002年10月-2009年10月期间,渭河下游年度冲淤变化为冲淤相间,泥沙冲淤量一般介于 $-0.18 \times 10^8 \sim 0.14 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的正常年度冲淤量之间,7年共冲刷 $0.4754 \times 10^8 \text{ m}^3$,年均冲刷量为 $0.0679 \times 10^8 \text{ m}^3$;2009年10月-2010年11月期间,渭河下游在没有发生较大洪水(2010年最大洪水临潼站洪峰流量为 $2800 \text{ m}^3/\text{s}$)的情况下,冲刷量达 $1.0278 \times 10^8 \text{ m}^3$,远超过正常年份冲淤变化,经调查发现,这主要是渭河华县河段淤背工程建设在河道内大量取土及由此影响断面测量造成的。

2.2 综合整治以来冲淤变化情况

渭河下游综合整治以来(2010年11月-2015

年10月)总体来讲是冲刷的,共冲刷泥沙 $1.2274 \times 10^8 \text{ m}^3$,年均冲刷 $0.2455 \times 10^8 \text{ m}^3$,详见表3。

从河段冲淤分布看,渭拦河段冲刷 $0.0124 \times 10^8 \text{ m}^3$;渭淤1~10河段淤积 $0.3919 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中渭淤1~4河段冲刷 $0.2187 \times 10^8 \text{ m}^3$,渭淤4~10河段淤积 $0.6106 \times 10^8 \text{ m}^3$,河槽变化不明显;渭淤10~26河段冲刷 $0.6786 \times 10^8 \text{ m}^3$,渭淤26~37河段冲刷 $0.9283 \times 10^8 \text{ m}^3$,部分河段河槽河底刷深明显,如咸阳至农六河段河槽下切加剧,下切最大深度大约达2~3m,上游段已发展至西宝客运专线桥附近,并向上游较快发展;河道总体上呈“上下冲、中间淤”的冲淤格局。

表3 2010年汛后-2015年汛后渭河下游各河段冲淤量

时段	渭拦~ 渭淤1		渭淤1~10		渭淤10 ~26	渭淤26 ~37	合计
	渭淤1~4	渭淤4~10	渭淤1~10				
2010-11-05-2011-11-02	-0.0389	-0.1823	0.0416	-0.1407	-0.2412	-0.1605	-0.5813
2011-11-02-2012-10-13	0.0207	-0.2039	0.0330	0.0144	-0.1218	-0.0787	-0.1654
2012-10-13-2013-10-16	-0.0023	0.0428	0.0077	0.0505	-0.0517	-0.0837	-0.0872
2013-10-16-2014-10-16	0.0048	-0.0600	0.5486	0.4886	-0.2549	-0.5877	-0.3492
2014-10-16-2015-10-16	0.0033	-0.0006	-0.0203	-0.0209	-0.0090	-0.0177	-0.0443
2010-11-05-2015-10-16	-0.0124	-0.2187	0.6106	0.3919	-0.6786	-0.9283	-1.2274

从年度冲淤变化来看:2010年11月-2015年10月期间,渭拦河段有冲有淤,主要是“11.9”洪水冲刷,总体呈冲刷;渭淤1~4河段除2013年度外,其他年度均为冲刷,总体为冲刷;渭淤4~10河段除2015年度外均为淤积,总体为淤积;渭淤10~26、26~37河段各年度均为冲刷。

3 近期冲淤变化原因分析

3.1 潼关高程变化的影响

2002年汛后三门峡水库开始原型试验运用^[4-5],加之水沙条件有所改善与相关各方先后采取了潼关河段清淤^[6]、东铲裁湾^[7]、黄河北干流放淤试验^[8]与调水调沙^[9]等措施,渭河下游局部侵蚀基准——潼关高程由2003年汛前历史最高328.82m逐步下降,2012年汛后潼关高程为327.38m;之后,潼关高程又呈连年抬升变化,2016年汛后潼关高程抬升至327.94m。三门峡水库非汛期运用水位与非汛期潼关高程升降变化关系见图1,可以看出:三门峡非汛期平均运用水位高低对潼关高程升降有着明显而重要的影响,特别是原型试验以来,关系更为密切,相关系数 $R=0.79$ 。因此,由于2010

年度以来三门峡水库汛期、非汛期运用水位全方面突破原型试验指标与“潼关高程控制与三门峡水库运用方式研究^[10]”确定的指标,潼关高程又呈抬升趋势。

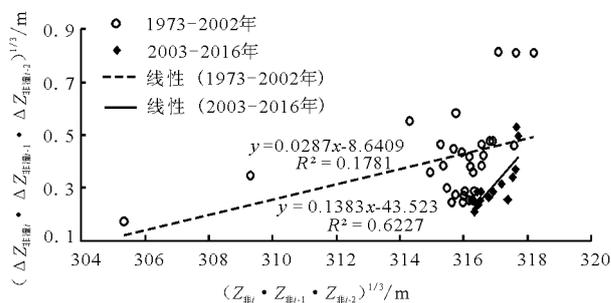


图1 1973年汛后以来非汛期平均水位($Z_{非}$)与潼关高程变化值($\Delta Z_{潼}$)连续3年几何均值相关关系

1973年汛后三门峡水库蓄清排浑运用以来潼关高程升降变化与渭河下游累计淤积量关系见图2,可以看出:2010年前随着潼关高程的升降渭河下游累计淤积量发生相应的冲淤变化,变化趋势基本一致,只是略有滞后;2010年汛后以来潼关高程变化不大,围绕327.50m上下波动,相对稳定,渭河累

计淤积量大幅度下降;2012年之后潼关高程微升,渭河下游累计淤积量仍呈下降趋势;表明在潼关高程较为稳定条件下,对渭河下游冲淤变化有重要影响的潼关高程影响因子的作用有所减弱,并且有一定的滞后现象。尽管两个时期两者相关性不尽一致、有一定变化,但渭河下游泥沙淤积量随着潼关高程的抬升或降低而增大或减少的规律仍然明显存在^[3]。因此,渭河下游累计冲淤量与潼关高程变化密切相关,潼关高程升降变化对渭河下游冲淤有着重要影响,是渭河下游冲淤的直接影响因素。



图2 1973年以来渭河下游历年累积淤积量与潼关高程变化

3.2 水沙条件变化的影响

渭河下游不同时期水沙量变化统计(图3)可以看出:2002年汛后渭河水沙发生了较大变化,华县站2003-2015年系列年均径流 $54.78 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、年均输沙量 $0.986 \times 10^8 \text{ t}$,分别为1961-2002年系列均值 $67.18 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $3.336 \times 10^8 \text{ t}$ 的81.5%、29.6%,属平水特枯沙系列。对比分析表明:1973-2002年华县站水沙一致性较差;2003-2015年华县水、沙量关系相关系数为0.645(图3),说明该时期水沙较为协调,有利于河道冲刷;而各个时期渭河水沙量与下游河道淤积量均无明显相关性,说明水沙量对冲淤的影响受其它因素的制约,处于从属地位。

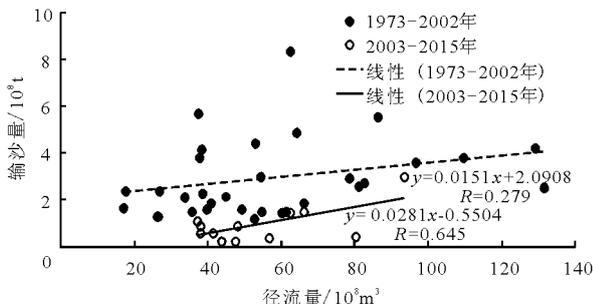


图3 渭河下游华县站水沙量关系图

3.3 人类活动的影响

按临渭区河段从2005年采砂量^[11] $42 \times 10^4 \text{ m}^3$ 增加至2010年采砂量^[12] $196 \times 10^4 \text{ m}^3$ 估算,渭河下

游2003-2010年平均年采砂量大致在 $120 \times 10^4 \sim 150 \times 10^4 \text{ m}^3$,对于多年平均可能补给量^[13] $252 \times 10^4 \sim 568 \times 10^4 \text{ m}^3$ 而言,采砂对渭河下游河道冲淤影响较小。

2010年10月渭河全线综合整治工程正式开工,为保障综合整治建设,渭河下游全线禁采(偷采除外),综合整治期间人类活动主要是渭河中下游两岸堤防新建、改建与加固扩建建设用土;按渭河下游综合整治期间堤防长度与新、旧堤防断面的新增工程量估算从河道取土量大约为 $0.3723 \times 10^8 \text{ m}^3$,占同期冲刷量 $1.2274 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的30.3%,可见综合整治期间人工干扰对渭河下游冲淤有着重要影响。

4 结论与建议

(1)渭河下游近期冲淤由淤积演变为冲刷,呈“上下冲、中间淤,总体冲”的冲淤格局;渭河综合整治前、后两个时期“中间淤”部位分别在渭淤10-26、渭淤4-10河段,有着明显的区别。

(2)2002年汛后至2010年汛后潼关高程下降是渭河下游冲刷最主要的影响因素,水沙变化特别是河道输沙量大幅度减小增大了水流挟沙力也有一定作用,但处于从属地位,人工干扰影响较小。综合整治期间,渭河下游冲刷量增大主要是大规模工程建设在河道内取土、潼关高程下降造成的,渭河来沙量锐减引起的水沙搭配变化居于从属地位。

(3)由于河口侵蚀基准、水沙条件、人工采砂(含取土)等各种因素共同影响,下游河段冲淤变化较大,工程垮塌险情近年来时有发生。建议近期防汛中应注重畸形不利河湾变化与洪水顶冲工程的观测,适时修建控导工程、加固或续建洪水顶冲工程,加强对不利河势的控导,确保岸坡稳定与防洪工程安全。

(4)由于潼关高程对渭河下游冲淤有着直接的、重要的影响,三门峡水库运用水位对潼关高程控制有着重要的作用,建议加强对包括“按《潼关高程控制与三门峡水库运用方式研究》确定指标进行水库运用”在内的综合措施,努力将潼关高程控制在 $325.60 \sim 325.69 \text{ m}$ 以下^[14],继续减少渭河下游淤积,改善河道行洪条件。

参考文献:

[1] 曹如轩,雷福州,冯普林,等.三门峡水库淤积上延机理的研究[J].泥沙研究,2001(2):37-40.

(下转第143页)

- 分析[J]. 水科学进展,2016,27(4):485-491.
- [2] 张建云,王银堂,刘翠善,等. 中国城市洪涝及防治标准讨论[J]. 水力发电学报,2017,36(1):1-6.
- [3] 陈建,李琪,许建中,等. 中国泵站工程现状及“十一五”期间泵站更新改造任务[J]. 水利水电科技进展,2008,28(2):84-88.
- [4] PLANELLS P, CARRIÓN P, ORTEGA J F, et al. Pumping selection and regulation for water - distribution networks [J]. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 2005,131 (3) : 273 - 281.
- [5] 朱红耕,袁寿其. 大型泵站进水流道技术改造优选设计[J]. 水力发电学报,2006,25(2):51-55.
- [6] WESTHUIZEN W V D, CATTART T. Power station pump selection: part 1 [J]. World Pumps, 2009,2009(519):16-19.
- [7] WESTHUIZEN W V D, CATTART T. Power station pump selection: part 2 [J]. World Pumps, 2010,2010(1):14-17.
- [8] 陆林广,陈坚,梁金栋,等. 灯泡贯流泵装置的优化水力设计[J]. 水利学报,2008,39(3):355-360.
- [9] 冯晓莉,仇宝云,黄海田,等. 南水北调东线江都排灌站优化运行研究[J]. 水力发电学报,2008,27(4):130-134.
- [10] 冯晓莉,仇宝云,杨兴丽,等. 调水兼顾排涝的贯流泵站机组及工况调节方式定量选择[J]. 水力发电学报,2012,31(6):271-276.
- [11] 刘静森,程吉林,龚懿. 城镇圩区排涝泵站群日常运行方案优化[J]. 农业工程学报,2014,30(17):141-148.
- [12] 乔诚,杨志勇,曹杨华. 预制泵站:中国,201310279861.3[P]. 2015-01-14.
- [13] 郭一令,王萍,贾卫利. 组装地埋式污水泵站:中国,201220635392.5[P]. 2012-11-27.
- [14] 钟春红,郑恒利. 模块式预制泵站:中国,201320131109.X[P]. 2013-03-22.
- [15] 王俊,赵基达,胡宗羽. 我国建筑工业化发展现状与思考[J]. 土木工程学报,2016,49(5):1-8.
- [16] 徐中华,王建华,王卫东. 上海地区深基坑工程中地下连续墙的变形性状[J]. 土木工程学报,2008,41(8):81-86.
- [17] 古智生. 全贯流潜水电泵的开发与应用[J]. 水利水电技术,2010,41(12):54-57.
- [18] 中华人民共和国水利部. GB/T 50265-97 泵站设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,1997.
- [19] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 50010-2010 混凝土结构设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [20] 中华人民共和国水利部. DL 5073-2000 水工建筑物抗震设计规范[S]. 北京:中国电力出版社,2000.

(上接第 137 页)

- [2] 石长伟. 三门峡水库运用方式对陕西库区的影响及治理对策[C]//第八届全国泥沙基理论学术讨论会论文集. 南京:河海大学出版社,2011.
- [3] 石长伟,张智,王亚梅,等. 潼关高程变化及其对渭河下游的影响分析[J]. 水资源与水工程学报,2016,27(6):125-129.
- [4] 胡一三,张金良,钱意颖. 三门峡水库运用方式原型试验研究[M]. 郑州:黄河水利出版社,2009.
- [5] 王平,姜乃迁,侯素珍,等. 三门峡水库原型试验冲淤效果分析[J]. 人民黄河,2007,29(7):22-24.
- [6] 姜乃迁,李文学,张翠萍,等. 黄河潼关河段清淤关键技术研究[M]. 郑州:黄河水利出版社,2004.
- [7] 林秀芝,姜乃迁,田勇. 黄河三门峡库区东垆湾裁弯对潼关高程影响的分析[J]. 水利水电技术,2004,35(8):14-16.
- [8] 武彩萍,李远发. 黄河小北干流放淤模型试验研究[M]. 郑州:黄河水利出版社,2007.
- [9] 石长伟,张英,毕银霞. 2009年桃汛期调水调沙对潼关高程的影响[J]. 人民黄河,2012,32(12):66-67+70.
- [10] 潼关高程控制与三门峡水库运用方式研究项目组. 潼关高程控制与三门峡水库运用方式研究[R]. 郑州:黄河水利科学研究院,2005.
- [11] 石长伟,王凯,毕银霞,等. 渭河临渭区河段砂石资源勘查分析[R]. 西安:陕西秦安河流研究所,2007.
- [12] 石长伟,曹绮欣,董倩,等. 渭河砂石资源分布及采砂河道影响分析[R]. 西安:陕西省河流工程技术研究中心,2014.
- [13] 刘涛,石长伟. 渭河下游临渭区河段砂石资源贮量分析[J]. 水资源与水工程学报,2014,25(2):233-236.
- [14] 冯普林,石长伟,张广林. 渭河“2003”洪水灾害及其减灾措施的分析[J]. 中国水利水电科学研究院学报,2004,2(1):44-53+64.