

黄河中游不同地区来沙对三门峡库区及下游河道的淤积作用

赫晓慧¹, 高亚军², 李晓宇², 徐建华²

(1. 郑州大学 环境与水利学院 自然资源与生态环境研究所, 河南 郑州 450001; 2. 黄河水利委员会水文局, 河南 郑州 450004)

摘要: 利用输沙量平衡法分析了黄河中游 6 站来水来沙对库区及下游的淤积作用, 利用断面法分析了黄河中游、多沙粗沙区和粗泥沙集中来源区来沙对下游的淤积指标。结果表明, 龙门来沙对下游的淤积贡献最大, 华县、河津和状头来沙对下游淤积影响较小, 而黑石关和武陟来水来沙有利于下游河道的冲刷。通过断面法得出黄河中游、多沙粗沙区以及粗泥沙集中来源区来 1.00×10^8 t 泥沙对三门峡库区及下游河道淤积危害分别为 2.50×10^7 , 2.57×10^7 和 3.29×10^7 t, 且粒径越粗对下游河道淤积危害越大。

关键词: 不同地区; 来沙; 淤积量; 黄河

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)06-0086-04

中图分类号: TV141

Sedimentation Impacts of Incoming Sediment from Different Areas of the Middle Reaches of the Yellow River on Sanmenxia Reservoir and Its Downstream Area

HE Xiaohui¹, GAO Yajun², LI Xiaoyu², XU Jianhua²

(1. Institute of Natural Resources and Environment, College of Environment & Hydraulic Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan 450001, China; 2. Hydrological Bureau of YRCC, Zhengzhou, Henan 450004, China)

Abstract: The sedimentation impacts of incoming water and sediment from the six observation stations in the middle reaches of the Yellow River on Sanmenxia reservoir and its downstream area are studied by using the sediment discharge balance method. The downstream sedimentation index induced by incoming sediment from the middle reaches of the Yellow River, the area rich in sediment and coarse sand, and the source area dominated by coarse sand are analyzed by using profile method. Results show that incoming sediment from Longmen station has the greatest contribution to sedimentation in the lower reaches; incoming sediment from Huaxian County, Hejin, and Zhuangtuo stations has smaller contribution; and incoming water and sediment from Heishiguan and Wuzhi stations are favor of downstream scour. Analysis by profile method indicates that the amounts of sedimentation in Sanmenxia reservoir and its downstream area are 0.25, 0.257, and 0.329 hundred million tons for one hundred million tons of sediment from the middle reaches of the Yellow River, the area rich in sediment and coarse sand, and the source area dominated by coarse sand, respectively. The coarser sediment, the greater contribution to downstream sedimentation is.

Keywords: different areas; incoming sediment; sedimentation volume; Yellow River

泥沙淤积是加重黄河下游洪水危害的根本原因。过去的研究表明, 致使黄河下游河床不断抬高的淤积物中, 主要是大于 0.05 mm 的粗泥沙^[1], 而这部分粗泥沙主要来源于黄河中游, 故减少黄河中游泥沙、特别是粗泥沙, 是维持黄河健康生命, 实现黄河长治久安的关键。前人在“黄河中游拦减粗泥沙对黄河河道

冲淤变化影响”这一领域做了大量工作, 在“八五”国家重点科技攻关项目“拦减粗泥沙对黄河河道冲淤变化影响”研究中, 根据黄河中游地区 30 a 系列的年平均来水来沙条件粗略估算, 来水量不变条件下, 当吴堡以上来沙量减少 1.0×10^8 t, 下游河道减淤 $7.0 \times 10^7 \sim 9.0 \times 10^7$ t, 其中粗泥沙(指 $d \geq 0.05$ mm)淤积

收稿日期: 2008-05-30

修回日期: 2008-07-31

资助项目: 国家林业局林业科技支撑计划子专题“(2006BAD03A0202-02); 国家自然科学基金(40801080)和郑州大学人才引进基金
作者简介: 赫晓慧(1978—), 女(汉族), 河南省商丘县人, 博士, 讲师, 主要从事生态恢复与遥感、地理信息系统应用研究。E-mail: hexh@zzu.edu.cn。

通信作者: 高亚军(1976—), 男(汉族), 陕西省绥德县人, 硕士, 工程师, 主要从事水土保持与 GIS 方面的研究。E-mail: gyj1976@163.com。

量减少 $3.0 \times 10^7 \sim 4.0 \times 10^7$ t; 龙门以上来沙量减少 1.0×10^8 t, 下游河道减淤 $5.0 \times 10^7 \sim 7.0 \times 10^8$ t, 其中粗泥沙淤积量减少 $2.0 \times 10^7 \sim 3.0 \times 10^7$ t; 李松恒, 张源峰和刘月兰等人研究认为碛口水库来沙量减少 1.0×10^8 t, 即龙门以上来沙减少 1.0×10^8 t, 下游河道减淤 3.4×10^7 t; 曹文洪采用改进后的张启舜泥沙数学模型, 认为龙门以上来沙量减少 1.0×10^8 t, 下游河道减淤 $2.0 \times 10^7 \sim 4.6 \times 10^7$ t。

近年来, 随着黄河中游多沙粗沙区、粗泥沙集中来源区的界限和来水来沙情况逐渐清楚^[2-4], 分析论证黄河中游不同地区来水来沙对三门峡库区和下游河道的淤积作用, 对目前国家投入资金相对有限的情况下, 为尽快见到拦减入黄粗泥沙的效果而确定的黄河上中游重点治理区, 对“实现河床不抬高”具有重要的现实意义。

1 淤积河段和时段的确定

1.1 淤积河段的选取

三门峡水库是黄河上修建的第一座大型枢纽工程, 1957年正式开工, 同年11月截流, 1960年9月15日蓄水运用。它控制黄河流域 6.88×10^5 km² 的面积, 占全流域面积的 91.5%, 控制黄河水量的 89%, 沙量的 98%, 控制了黄河干流 3 个洪水来源区中的 2 个, 渭河、泾河、北洛河、汾河等支流在库区汇入黄河。库区范围包括黄河龙门、渭华县、汾河天津和北洛河状头 4 个水文站至大坝区间的干、支流河段。

黄河中游来沙不仅淤积下游河道, 也危害三门峡等干流水库。下游河道的冲淤变化, 一是受来水来沙的影响, 二是受三门峡水库运用方式的影响。1960年前无三门峡水库影响时期, 黄河水沙处于自然状态, 下游河道年均淤积 3.61×10^8 t; 1961—1964年, 三门峡水库蓄水拦沙, 库区年均淤积 1.53×10^9 t, 下泄清水, 下游河道全程发生冲刷, 年均冲刷量达 4.25×10^8 t; 1965—1973年, 三门峡水库处于改建初期的滞洪排沙运用, 库区年均淤积 1.78×10^8 t, 下游河道淤积严重, 年均淤积 4.39×10^8 t; 1974—1980年, 由于来水居中, 来沙偏少一些, 库区和下游河道均淤积较少; 1980—1985年, 由于来水稍偏多, 泥沙较少, 库区及下游河道均发生冲刷; 1985—1997年, 来沙虽然较少, 但来水更少, 库区及下游河道均发生淤积。对于黄河中游来的泥沙, 不管是淤积在三门峡库区还是淤积在下游河道, 可粗略的看成是泥沙搬家。因此, 在探讨黄河中游来沙对下游的淤积危害时, 从长时段来看, 应将三门峡库区淤积量与下游河道淤积量捆绑在一起研究。

1.2 淤积时段的确定

小浪底水库于 1997 年 10 月截流, 1999 年 10 月开始下闸蓄水拦沙, 为了避免小浪底水库运用后对下游河道的冲淤影响, 在保证研究时段相对较长的情况下, 本文选取 1950—1997 年为研究时段。

1.3 研究方法

一是利用输沙率平衡法确定黄河中游不同区域来水来沙对下游河道的淤积危害; 二是利用断面法确定三门峡库区及下游河道分组泥沙淤积量, 分析不同地区来沙的淤积危害。

2 研究结果

2.1 输沙率平衡法分析

利用 1950—1997 年黄河中游六站(龙门、华县、天津、状头、黑石关和武陟, 简称六站, 下同)来水来沙量与三门峡库区和下游的淤积量作为计算系列, 并引进淤积危害系数 K 值, 其中的来沙量分为全沙、粒径 ≥ 0.025 mm, 0.05 mm 和 0.1 mm 4 组, 分别代入下列方程。

$$W_{s\text{来沙}} - W_{s\text{利津}} = K_{\text{龙门}} \frac{W_{s\text{龙门}}}{W_{\text{龙门}}} + K_{\text{天津}} \frac{W_{s\text{天津}}}{W_{\text{天津}}} +$$

$$K_{\text{状头}} \frac{W_{s\text{状头}}}{W_{\text{状头}}} + K_{\text{华县}} \frac{W_{s\text{华县}}}{W_{\text{华县}}} + K_{\text{武陟}} \frac{W_{s\text{武陟}}}{W_{\text{武陟}}} + K_{\text{黑石关}} \frac{W_{s\text{黑石关}}}{W_{\text{黑石关}}}$$

式中: $W_{s\text{来沙}}$ ——中游六站来沙量 (10^8 t/a); $W_{s\text{利津}}$ ——利津输沙量 (10^8 t/a); K ——淤积危害系数, 从量纲和谐推出 (10^8 m³); W_s ——输沙量 (10^8 t/a); W ——各站径流量 (10^8 m³/a)。

利用上述方程计算出各支流来水来沙对淤积的危害, 其结果见表 1。从全沙来看, 龙门的 K 值最大, 说明龙门来水来沙是造成三门峡库区及下游河道泥沙淤积的最主要来源, 是泥沙需要控制的重点区域; 天津、状头和华县的 K 值相对龙门较小, 其来水来沙对三门峡库区及下游河道泥沙淤积的危害次之; 武陟和黑石关两站的 K 值均为负值, 这 2 条支流的来水来沙对下游一般为冲刷, 说明三门峡以下的伊洛河及沁河的来水来沙对下游河道起到冲刷作用。

六站分粒径组泥沙(全沙, ≥ 0.025 mm, ≥ 0.05 mm 和 ≥ 0.1 mm 4 组)的各项 K 值基本上与全沙的计算结果在规律上相符, 即龙门的 K 值最大, 天津、状头和华县 3 站的 K 值次之, 武陟和黑石关的 K 值最小。从六站不同泥沙粒径来看, 除武陟 ≥ 0.025 mm 和 ≥ 0.05 mm 泥沙粒径淤积系数相当外, 其余各站随着粒径变粗而淤积系数增大, 表明粒径越粗, 对三门峡库区及下游河道的淤积危害越大。

2.2 断面法实测淤积量成果分析

(1) 六站来沙对三门峡库区及下游河道的冲淤

影响。1950—1997 年黄河中游六站年均来沙 1.35×10^9 t, 其中粒径 ≥ 0.025 mm, 0.05 mm 和 0.1 mm 的泥沙分别为 6.71×10^8 t, 3.07×10^8 t 和 7.7×10^7 t,

见表 2, 分别占总来沙量的 49.7%, 22.7% 和 5.7%。库区及下游河道年均淤积 3.38×10^8 t, 其中库区年均淤积 1.48×10^8 t, 下游河道年均淤积 1.90×10^8 t。

表 1 1950—1997 年六站分组粒径泥沙淤积系数 K

泥沙组别	黄河龙门	渭河华县	汾河天津	北洛河状头	伊洛河黑石关	沁河武陟	年均淤积量/ 10^8 t
全沙	207	-3	7	9	-128	-277	4.60
≥ 0.025 mm	247	-1	28	2	-305	-532	3.15
≥ 0.050 mm	253	20	32	6	-258	-612	1.76
≥ 0.10 mm	255	22	46	9	0	-71	0.65

表 2 1950—1997 年黄河中游六站来沙对三门峡库区及下游河道淤积作用分析

项目	部位	\geq 某粒径级沙量			
		全沙	0.025 mm	0.050 mm	0.100 mm
六站来沙量/ $10^8(t \cdot a^{-1})$		13.51	6.71	3.07	0.77
总淤积量/ $10^8(t \cdot a^{-1})$	主槽	1.12	0.95	0.75	0.40
	滩地	2.26	1.61	0.91	0.33
	全断面	3.38	2.56	1.66	0.73
六站来沙淤积比/%	主槽	8.30	14.10	24.30	51.60
	滩地	16.80	24.00	29.70	42.70
	全断面	25.00	38.10	54.10	94.30

注: ①六站是指龙门、华县、天津、状头、黑石关和武陟; ②总淤积量是指库区及下游河道淤积量; ③六站来沙淤积量是指六站来 1 t 沙库区及下游河道的淤积量。下同。

从六站来沙与三门峡库区及下游淤积结果来看, 全沙, 粒径 ≥ 0.025 mm, 0.05 mm 和 0.1 mm 的淤积比分别为 25.0%, 38.1%, 54.1% 和 94.3%, 可见, 随着粒径的增大, 淤积比迅速升高, 特别是 0.1 mm 以上的粗泥沙淤积比达 94.3%, 说明这些粗泥沙进入库区和下游河道就很难输送入海。

(2) 多沙粗沙区来沙对三门峡库区及下游河道的冲淤影响。淤积在三门峡库区和下游河道的泥沙是六站以上不同地区来沙的共同作用所致, 由于各地来沙的粗细比例差异较大, 并且粗泥沙又明显比细泥沙淤积比高, 假定不同地区输送来的同一粒径组的泥沙在库区和下游河道的淤积比相等, 因此我们可以六站为“桥梁”, 将粒径分为 < 0.025 mm, 0.025~0.05 mm, 0.05~0.1 mm 和 ≥ 0.1 mm 4 组, 计算出六站分组泥沙对库区及下游河道的淤积比, 用该分组泥沙的淤积比, 再乘以多沙粗沙区相应粒径组的来沙, 即得到多沙粗沙区来沙对库区及下游河道的淤积作用。

1950—1997 年黄河中游多沙粗沙区来沙 8.34×10^8 t, 其中粒径 ≥ 0.025 mm, 0.05 mm 和 0.1 mm 的

泥沙分别为 3.78×10^8 t, 2.15×10^8 t 和 5.9×10^7 t (见表 3), 分别占总来沙量的 45.3%, 25.8% 和 7.1%, 其中 ≥ 0.05 mm 和 0.1 mm 的泥沙组成 25.8% 和 7.1% 又比六站 22.7% 和 5.7% 粗。

黄河中游多沙粗沙区来的泥沙在库区及下游河道的淤积比(全沙, ≥ 0.025 mm, 0.05 mm 和 0.1 mm)分别为 25.7%, 42.2%, 55.4% 和 94.3%。

表 3 1950—1997 年黄河中游多沙粗沙区来沙对三门峡库区及下游河道淤积作用分析

项目	部位	\geq 某粒径级沙量			
		全沙	0.025 mm	0.050 mm	0.100 mm
多粗区来沙/ $10^8(t \cdot a^{-1})$		8.34	3.78	2.15	0.59
总淤积量/ $10^8(t \cdot a^{-1})$	主槽	1.12	0.95	0.75	0.40
	滩地	2.26	1.61	0.91	0.33
	全断面	3.38	2.56	1.66	0.73
多粗区来沙淤积贡献/ 10^8 t	主槽	0.75	0.63	0.54	0.31
	滩地	1.40	0.96	0.65	0.25
	全断面	2.15	1.59	1.19	0.56
多粗区来沙淤积比/%	主槽	9.00	16.70	25.20	51.60
	滩地	16.80	25.50	30.20	42.70
	全断面	25.70	42.20	55.40	94.30

注: 多粗区是指多沙粗沙区。

(3) 粗泥沙集中来源区来沙对三门峡库区及下游河道的冲淤影响。1950—1997 年黄河中游粗泥沙集中来源区来沙 2.88×10^8 t, 其中粒径 ≥ 0.025 mm, 0.05 mm 和 0.1 mm 的泥沙分别为 1.72×10^8 t, 1.03×10^8 t 和 4.08×10^7 t, 分别占总来沙量的 59.8%, 35.6% 和 14.2%, 其中 ≥ 0.05 mm 和 0.1 mm 的泥沙组成 35.6% 和 14.2% 又比多沙粗沙区 25.8% 和 7.1% 粗(表 4)。

黄河中游粗泥沙集中来源区来的泥沙在库区及下游河道的淤积比(全沙, ≥ 0.025 mm, 0.05 mm 和

0.1 mm) 分别为 32.9%, 46.9%, 62.0% 和 94.3%。

表4 1950—1997年黄河中游粗泥沙集中来源区来沙对三门峡库区及下游河道淤积的作用

项目	部位	≥某粒径/mm级沙量			
		全沙	0.025 mm	0.050 mm	0.100 mm
粗泥区来沙/ ($10^8 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$)		2.88	1.72	1.03	0.41
总淤积量/ ($10^8 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$)	主槽	1.12	0.95	0.75	0.40
	滩地	2.26	1.61	0.91	0.33
	全断面	3.38	2.56	1.66	0.73
粗泥区来沙 淤积贡献/ 10^8 t	主槽	0.37	0.34	0.30	0.21
	滩地	0.58	0.47	0.33	0.17
	全断面	0.95	0.81	0.64	0.39
粗泥区来沙 淤积比/%	主槽	12.90	19.90	29.70	51.60
	滩地	20.00	27.00	32.30	42.70
	全断面	32.90	46.90	62.00	94.30

(4) 黄河中游不同区域来沙与下游减淤作用分析。从表5可以看出,黄河中游六站来1t泥沙,三门峡库区及下游河道淤积的全沙, $\geq 0.025 \text{ mm}$, 0.05 mm 和 0.1 mm 的泥沙分别为 0.250, 0.189, 0.123 和 0.054 t, 均比多沙粗沙区(0.257, 0.191, 0.143 和 0.067 t) 值要低, 多沙粗沙区又比粗泥沙集中来源区(0.329, 0.281, 0.221 和 0.134 t) 相应值低。说明黄河中游粗泥沙集中来源区对三门峡库区和下游河道的淤积危害越大, 多沙粗沙区对三门峡库区和下游河道的淤积危害次之, 黄河中游六站来沙对三门峡库区和下游河道的淤积程度相对较小, 说明随着粗泥沙集中度的提高, 其对三门峡库区和下游河道的淤积危害加重。

3 结论

利用输沙率法确定了六站对三门峡库区以及下游河道的淤积贡献系数, 说明龙门来水来沙是造成三门

峡库区及下游河道泥沙淤积的最主要来源, 河津、状头和华县的来水来沙对三门峡库区及下游河道泥沙淤积的危害次之, 武陟和黑石关来水来沙对下游一般表现为冲刷; 通过对分组粒径分析可知, 来沙粒径越粗, 对三门峡库区和下游河道的淤积危害作用也越大。

表5 1950—1997年不同区域来沙对三门峡库区及下游河道淤积作用分析

区域	面积/ km^2	1 t 来沙淤积量/t			
		全沙	$\geq 0.025 \text{ mm}$	$\geq 0.05 \text{ mm}$	$\geq 0.1 \text{ mm}$
中游六站	69.94	0.250	0.189	0.123	0.054
多沙粗沙区	7.86	0.257	0.191	0.143	0.067
粗泥沙集中来源区	1.88	0.329	0.281	0.221	0.134

通过分析黄河六站、多沙粗沙区和粗泥沙集中来源区来水来沙对三门峡库区和下游河道淤积危害作用, 可以得出粗泥沙集中来源区危害最大, 多沙粗沙区次之, 黄河中游六站相对最小。鉴于目前在国家财力相对有限的情况下, 应将粗泥沙集中来源区作为水土流失拦沙治理的重中之重, 优先实施治理, 随着财力的不断投入, 再逐步将重点转移到多沙粗沙区, 最后再扩展到黄河中游大面积治理, 以便尽快收到拦减入黄粗泥沙的效果, 为实现河床不抬高做出贡献。

[参 考 文 献]

- [1] 钱宁, 王可钦, 闫林德, 等. 黄河中游粗泥沙来源区及其对黄河下游冲淤的影响[C]// 河流泥沙国际学术讨论会论文集. 北京: 光华出版社, 1980.
- [2] 张仁, 程秀文, 熊贵枢, 等. 拦减粗泥沙对黄河河道冲淤变化影响[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1998.
- [3] 徐建华, 吕光圻, 张胜利, 等. 黄河中游多沙粗沙区区域界定及产沙输沙规律研究[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2000.
- [4] 徐建华, 林银平, 吴成基, 等. 黄河中游粗泥沙集中来源区界定研究[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2000.