

黄河下游河道冲淤演变分析

袁杜帆

(合肥工业大学土木建筑工程学院,安徽 合肥 230009)

摘要 :从大量实测水文泥沙的观测资料出发,分析了黄河下游不同粒径泥沙的冲淤特性,讨论拦减粗沙及三门峡和小浪底水库修建后对下游河道冲淤的影响,给出近年来黄河下游河道冲淤的基本特性及其影响因素,提出了黄河下游减淤的一些措施,获得了一些有益的成果。

关键词 :冲淤 ;泥沙 ;黄河下游 ;含沙量

中图分类号 :TV147 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-693X(2005)02-0050-03

Analysis on erosion and deposition evolution of the lower Yellow River

YUAN Du-fan

(College of Construction & Architecture, Hefei Industrial University, Hefei 230009, China)

Abstract :The erosion and deposition characteristics of sediment in different particle sizes are analyzed based on field data of hydrology and sediment. And the influences of trapping coarse sediment and the construction of the Sanmenxia Reservoir and the Xiaolangdi Reservoir on the erosion and deposition in the lower reaches are discussed. Basic characters of erosion and deposition in the lower reaches and its influencing factors in recent years are introduced in the paper. Measures to alleviate sedimentation are put forward, which have shown useful results.

Key words :erosion and deposition ; sediment ; lower Yellow River ; sediment content

黄河下游水沙运动和河床演变规律是治理黄河的基础。新中国成立以来,对黄河下游治理开展了许多研究,取得了许多重要成果,解决了下游治理过程中的许多问题,但黄河下游水沙运动及河道演变活动极其复杂。近年来,随着人类在黄河下游流域的活动日益增多,黄河下游的来水来沙条件已发生了重大改变,黄河下游河道正进行着剧烈的调整。所有这些都需对黄河下游河道的冲淤演变规律进行总结和分析。

1 黄河下游来水来沙概况

根据花园口站实测资料统计(表 1)^①,1960~2000 年进入下游的年均来水量为 406.6 亿 m³,其中汛期为 221.0 亿 m³,占年来水量的 54.4%;年均来沙量为 10.15 亿 t,其中汛期为 8.99 亿 t,占年来沙量的 88.6%。可以看出,来水量逐年减少,并且汛期来水量比重减少,非汛期比重增加;来沙量自 1982 年以来则变化不大。

表 1 花园口站 1960~2000 年来水来沙量

时 间	年均来水量/亿 m ³				年均来沙量/亿 t				年均含沙量/ (kg·m ⁻³)
	年均	非汛期	汛期	汛期占全年平均/%	年均	非汛期	汛期	汛期占全年平均/%	
1960~1967	558.9	238.6	320.3	57.3	5.82	1.53	4.29	73.7	10
1967~1975	425.5	199.5	226.0	53.1	16.33	3.49	12.84	78.6	38
1975~1982	412.0	170.5	241.5	58.6	13.25	0.37	12.88	97.2	32
1982~1989	431.1	178.1	253.0	58.7	8.54	0.34	8.20	96.0	20
1989~1997	333.2	169.1	164.1	49.2	8.42	0.34	8.08	96.0	25
1997~2000	278.8	157.5	121.3	43.5	8.53	0.87	7.66	89.8	31
1960~2000	406.6	185.6	221.0	54.4	10.15	1.16	8.99	88.6	26

作者简介:袁杜帆(1973—)男,湖南邵阳人,讲师,硕士研究生,主要从事港口航道与河流动力学研究。E-mail:dfyuan_student@sina.com

① 黄河水利委员会.黄河流域水文资料(水位、流量、含沙量、输沙率分册).2002.

2 黄河下游不同粒径泥沙的冲淤特性

河床演变实质上是泥沙冲刷、搬运和沉积过程的反映。影响黄河下游河床冲淤的,不仅与流域的来沙多少,而且与泥沙的粗细程度有很大关系^[1]。

表2、表3列出了黄河下游不同河段1960~2000年不同粒径泥沙的冲淤情况和来沙量。从表中可以看出,汛期细泥沙($d < 0.025 \text{ mm}$)表现为两头冲,中间淤;中沙($0.025 \text{ mm} < d < 0.05 \text{ mm}$)和粗沙($d > 0.05 \text{ mm}$)则表现为上段淤积下段冲刷。三门峡—花园口河段的淤积主要是由粒径大于 0.05 mm 的粗沙造成的,约占下游粗沙淤积量的70%。花园口—高村河段的淤积主要是由细沙(占该河段淤积量的46%)和粒径大于 0.05 mm 的粗沙(占该河段淤积量的42%)造成的,该河段淤积最为严重,其淤积约占下游总淤积量的58%。高村—艾山河段的淤积以细沙为主,粗沙则表现为冲刷。艾山—利津河段基本上表现为冲刷。

表2 黄河下游不同粒径冲淤量 亿 t

时段	河段	各粒径组冲淤量			总冲淤量
		$d < 0.025 \text{ mm}$	$0.025 \text{ mm} < d < 0.05 \text{ mm}$	$d > 0.05 \text{ mm}$	
汛期	三门峡—花园口	-9.85	9.25	15.96	15.36
	花园口—高村	11.14	3.09	10.17	24.40
	高村—艾山	10.78	0.73	-3.11	8.40
	艾山—利津	-2.85	-3.49	0.40	-5.94
非汛期	三门峡—利津	9.22	9.58	23.42	42.22
	三门峡—花园口	-7.32	-9.72	-5.8	-22.84
	花园口—高村	-5.31	-1.90	0.84	-6.37
	高村—艾山	0.45	2.26	1.26	3.97
	艾山—利津	0.05	3.76	6.60	10.41
	三门峡—利津	-12.13	-5.60	2.90	-14.83

表3 黄河下游不同粒径组来沙量 亿 t

时段	分类	各粒径组冲淤量			总来沙量
		$d < 0.025 \text{ mm}$	$0.025 \text{ mm} < d < 0.05 \text{ mm}$	$d > 0.05 \text{ mm}$	
汛期	来沙量	166.67	76.34	62.74	305.75
	分组来沙量 占总来沙量/%	54.5	25.0	20.5	100
	下游淤积比/%	5.5	12.5	37.3	13.8
非汛期	来沙量	17.55	11.36	15.71	44.62
	分组来沙量 占总来沙量/%	39.3	25.5	35.2	100
	下游淤积比/%	-69.1	-49.3	18.5	-33.2

非汛期粗、中、细沙均表现为上冲下淤,淤积最严重的为艾山—利津河段,主要是由粗沙(占该河段淤积量的63%)造成的。

3 黄河下游河道冲淤的变化

3.1 拦减粗沙对下游河道冲淤的影响

黄河中游河口镇至龙门段多沙粗沙区是下游河

道洪水和泥沙灾害的主要来源。黄河来沙中,粒径大于 0.05 mm 的粗沙90%来自多沙粗沙区,50%的粗沙淤积在下游河道中,使下游河床逐年抬高,对下游造成严重威胁^[2]。分析黄河下游不同河段的滩槽物质组成中可知,在主槽中,特别是淤在主槽深处的泥沙,大部分是粒径大于 0.05 mm 粗沙,表层占60%以上,深层占90%以上。在滩地上的淤积物中粗沙也占一半以上。粒径大于 0.05 mm 的粗沙来沙量仅占总来沙量的20%,但其淤积量却占总淤积量的40%~50%,可见粗沙是下游河道淤积物的主体,为有效减少下游河道淤积,应在中游拦减粗沙。拦减粗沙对下游的减淤作用,主要表现在两个方面:一是粗沙的减少,使下游来沙总量减少,减轻对下游河道的淤积;另一个是粗沙的减少,使悬沙级配发生变化,提高下游河道的输沙能力,减少下游河道的淤积。

3.2 三门峡水库和小浪底水库修建以来对下游河道冲淤的影响

三门峡水库修建以来(1960~2000年),下游河道的冲淤演变可分为5个子过程:①1960年9月至1964年9月蓄水拦沙期。水库淤积泥沙44.22亿 m^3 ,库区淤积严重,库容迅速损失,下游河道冲刷泥沙23.2亿t,自上而下衰减。②1964年10月至1973年10月滞洪排沙期。水库淤积泥沙10.11亿 m^3 ,下游河道淤积严重,淤积泥沙40亿t,高村以上及艾山以下淤积量所占百分比比建库前增加。③1973年11月蓄清排浑运用后至1980年10月。该时期下游年均来水量395亿 m^3 ,来沙量12.4亿t,年均含沙量 31.3 kg/m^3 。花园口以上河段发生冲刷,平均每年冲刷约1亿t,夹河滩至孙口河段发生淤积,年平均淤积约1.8亿t,淤积量相对较少。④1980年11月至1986年10月。该时期水丰、沙少,年均来水量482亿 m^3 ,来沙量9.7亿t。下游河道连续5年发生冲刷,累计冲刷泥沙4.85亿t。⑤1986年11月至2000年。该时期进入黄河下游的水沙条件发生了很大的变化,汛期来水比重减少,非汛期比重增加,河道冲淤量年际变化较大,横向分布不均,主槽淤积严重,对下游防洪威胁较大。

采用三门峡建库前后,在年均来水来沙大致相同条件下的实测资料^[3](表4),分析三门峡水库建成后对下游河道的冲淤影响。可以看到,三门峡水库建成后蓄清排浑运用期,黄河下游冲淤情况发生显著变化,绝大部分泥沙集中在汛期下排,下游河道的淤积大大减少。

小浪底水库投入运行后,拦减粗沙会改变进入下游的来水来沙条件,使下游河道作出相应的调整。大致可分为2个时期:一是蓄水拦沙期,二是正常调水调沙期^[3]。①小浪底水库运行初期蓄水拦沙,大

表4 三门峡建库前后下游河道冲淤比较

工程情况	代表年	时段	下游来水量 /亿 m ³	下游来沙 量/亿 t	下游平均 冲淤量/亿 t
建 库 前	1951~1952	汛期	276.0	10.64	1.19
	1955~1957	非汛期	183.8	2.58	0.87
	1957~1958	全年	459.8	13.22	2.06
建 库 后	1976~1977	汛期	282.8	12.69	2.12
	1978~1980	非汛期	165.0	0.15	-0.87
	1981~1982	全年	447.8	12.84	1.25

表5 1986~2000年黄河下游滩槽冲淤量 亿t

河段	主槽	滩地	全断面	主槽占全断面/%
花园口—夹河滩	0.45	0.11	0.56	80
夹河滩—高村	0.27	0.07	0.34	79
高村—孙口	0.19	-0.02	0.17	113
孙口—艾山	0.10	0.03	0.13	81
艾山—泇口	0.20	0	0.20	100
泇口—利津	0.14	0.01	0.15	96

量泥沙淤积在库内,淤积泥沙约100亿t,历时14年左右。根据计算,该时期下游河道冲刷18亿t,平均每年冲刷1.29亿t。②拦沙库容淤满后水库转入正常调水调沙运用,调节水沙,充分发挥下游河道的输沙能力,减少河道淤积,水库基本上不承担拦沙任务。汛期水库下泻浑水,非汛期下泻清水,汛期下游河道冲刷或淤积因来水来沙条件而异。

3.3 近年来黄河下游河道冲淤的特性

近年来,黄河下游出现枯水少沙系列,河道冲淤与以往相比较,有许多新特点。

a. 来水量减少,来沙减少不多。近年来黄河下游来水量减少主要是工农业用水的增多。目前引黄水量年均300亿m³,其中上游引水110亿m³,下游引水100亿m³,大量的引黄用水使下游的来水量减少^[4]。来水量的减少导致枯水年下游发生断流,而且断流时间还在延长,断流河段不断上延,同时使黄河输沙能力下降,下游河道泥沙淤积加重。

b. 非汛期冲刷减少,汛期淤积增加。非汛期下泄清水,对泥沙起冲刷作用,冲刷量随水量的增加而增加。非汛期一般流量较小,冲刷不能遍及全下游。在水流不能遍及全下游冲刷的条件下,上段冲的多,下段淤的多。1986~2000年全下游平均每年只冲刷0.48亿t,冲刷只发展到高村,高村—艾山段冲淤变化不大,艾山—利津段淤积0.245亿t。总体来看,近年来非汛期冲刷减少。对汛期河道冲淤而言,除与来水来沙总量有关外,还与水流过程关系密切。1986~2000年汛期下游河道每年淤积2.49亿t,大部分集中在主槽。总体来看,近年来汛期淤积增加。

c. 全下游淤积,年均淤积较少,但年际变幅大。近年来,黄河进入连续枯水期,下游来水枯,来沙少。1986~2000年全下游均发生淤积,总淤积量为16亿t,年均淤积量2亿t左右^[5],年均淤积较少,但年际变化很大。

d. 滩地淤积量少,主槽淤积量大。表5为1986~2000年滩槽淤积分布,可以看到,主槽淤积占绝大部分。其原因是这几年枯水流量历时长,没有发生大洪水,而且1981~1985年丰水少沙系列冲刷使下游河道主槽刷深。主槽是排洪排沙的主要通道,主槽淤积对防洪非常不利。

e. 高含沙量洪水出现频率高,对防洪威胁大。高含沙量洪水主要来自粗沙来源区,一般由中游地区的暴雨形成,一般占全部水量的40%,洪峰流量一般不大,但所含沙量却占全部沙量的90%以上,泥沙较粗,使下游河床变形迅速,淤积严重。在一定水流条件下,河床淤积,使断面形态窄深,水位陡涨猛落,使下游河道淤积严重。据统计,1969~2000年黄河下游16次高含沙水流($s > 300 \text{ kg/m}^3$)使下游河道淤积泥沙占该时段总淤积量的82%^[6]。

4 下游河道减淤的若干意见

a. 继续加强下游河道治理,稳定河势,加大输沙能力。河道整治是长期以来对保护岸滩、稳定河道行之有效的措施,要确保现有大堤的安全,大力整治河口,疏通排沙口门。

b. 加强中游地区治理和水土保持,重点治理粗沙来源区。尤其要加强径河和北洛河流域治理,这两条河的中上游是黄土丘陵区,侵蚀严重。在治理径洛河的同时,在渭河中上游合适地区筑坝,拦截渭河上游来水来沙,使泾、洛、渭、汾连成一片,减少进入下游的泥沙。

c. 在干流上修建水库,利用死库容拦沙减淤,有效库容调水调沙减淤。调水调沙包括蓄清排浑和人造洪峰。非汛期蓄水调节,拦蓄泥沙,汛期降低水位,排放全年泥沙。三门峡水库采用蓄清排浑运用方式后,每年使下游河道减淤0.5亿~1亿t。小浪底水库建成后,在长期保持有效库容50亿m³的前提下,利用有效库容调节水沙,并在丰水年制造人造洪峰冲刷河道,每年也可使下游河道减淤0.5亿~1亿t。

d. 利用南水北调工程保持下游河道必要的排沙水量。解决黄河下游河道泥沙淤积,增水是一条很重要的途径。据计算,在花园口附近增水100亿m³,可减少下游河道淤积2亿~3亿t,效果是明显的。随着南水北调工程的动工,可相机增加黄河下游的冲刷水量。近期比较现实的是中线从丹江口水库引水入黄,中线引水100亿m³,可使黄河下游减淤3亿t。

e. 大放淤减轻下游淤积。主动将黄河下游的高含沙洪水或水库排泄的高含沙水流引到广阔滩区,泥沙落淤,清水回归黄河,达到(下转第56页)

因^[11~13]。我国学者也曾对此问题进行过研究。另外,河岸施工将引起采沙区及其邻近局部水域的水体浑浊度增加,船舶的污染物排放,导致水质下降,对该水域内浮游生物、底栖及固着类生物、鱼类等也有一定程度的影响^[14~16]。

吹填工程完成后,将导致部分长江口潮间带底栖生物栖息地有所减少,滩涂底栖、固着类生物有所减少,对该水域生物群落分布的连续性和完整性也存在影响。河道水流基本与以前相同,施工期的暂时影响不再存在。

3 结 语

吹填工程将导致一部分河床和湿地发生变化,产生的泥沙浓度在局部水域偏高,处理后的生活污水和石油类污染物排入江,水环境受到轻微影响。若能采取积极有效的防范措施,水环境受到的影响将更小。一般来说,局部涉水工程对长江水生生态环境的影响是轻微的。然而,由于影响的机理等比较复杂,因此对其应做进一步研究和长期观察。

参考文献:

[1]倪晋仁,杨小毛,王光谦.深港交界带经济开发过程中泥沙对生态环境的影响[J].地理学报,1998,53(4):349~355.
[2]詹咏,王惠明,曾小为.泥沙沉降速度研究进展及其影响因素分析[J].人民长江,2001,32(2):36~39.
[3]彭瑞善,李慧梅,刘玉忠,等.泥沙的动水沉速及对准静水沉降法的改进[J].泥沙研究,1997(2):74~78.
[4]张建跃,赵东华.粉细沙在水流中沉降特性及其应用探讨[J].水运工程,2002(10):26~27.

[5]曹如轩,钱善琪,程文.粗沙高含沙浑水的沉降特性及粗泥沙的群体沉速[J].人民黄河,1995,17(2):1~4.
[6]蒋国俊,姚炎明,唐子文.长江口细颗粒泥沙絮凝沉降影响因素[J].海洋学报(中文版),2002,24(4):51~57.
[7]贺宝根,周乃晟,袁宣民.底泥对河流的二次污染浅析[J].环境污染与防治,1999,21(3):41~43.
[8]张丽萍,袁文权,张锡辉.底泥污染物释放动力学研究[J].环境污染治理技术与设备,2003,4(2):22~26.
[9]李崇明,赵文谦,罗麟.河流泥沙对石油的吸附、解吸规律及影响因素的研究[J].中国环境科学,1997,17(1):23~26.
[10]晁晓波,赵文谦,张萍.石油从泥沙上解吸的特性研究[J].环境科学学报,1997,17(4):434~438.
[11]Penchaszadeh P E, Bone D. Environmental impact of a power plant: A case from a coastal area in Venezuela [R]. Proceedings of the Symposium on Coastal and Ocean Management, 1991, 4: 2895~2907.
[12]Van Duin E H S, Blom G, Los F J, et al. Modeling underwater light climate in relation to sedimentation, resuspension, water quality and autotrophic growth [J]. Hydrobiologia, 2001, 444(1): 25~42.
[13]Johansson T, Hakanson L, Borum K, et al. Direct flows of phosphorus and suspended matter from a fish farm to wild fish in Lake Southern Bullaren, Sweden [J]. Aquacultural Engineering, 1998, 17(2): 111~137.
[14]高宏,暴维英,张曙光,等.多沙河流污染化学与生态毒理研究[M].郑州:黄河水利出版社,2001.111~121.
[15]顾新根,袁骥,沈焕庭,等.长江口最大浑浊带浮游植物的生态研究[J].中国水产科学,1995,2(1):16~27.
[16]徐兆礼,王云龙,陈亚瞿,等.长江口最大浑浊带区浮游动物的生态研究[J].中国水产科学,1995,2(1):39~48.
(收稿日期:2004-03-20 编辑:高渭文)

(上接第52页)

减轻下游河道淤积和改造低洼盐碱地的目的。黄河上可供放淤的地方有小北干流和温孟滩等地。初步估计,龙门水库结合小北干流放淤,小浪底水库结合温孟滩放淤,可减少黄河下游河道淤积212亿t。

5 结 语

黄河下游河道冲淤变化极其复杂,影响其冲淤变化的因素也很多。仅靠单一的分析论证,很难预估长时期内河道的演变情况。本文主要介绍影响黄河下游河道冲淤变化的主要因素,当然还有其他的一些因素,限于篇幅,不可能都介绍,如人类活动及气候变化对黄河下游河道冲淤的影响等,这些都需要进一步的分析。

参考文献:

[1]安催花,张厚军,郟国明,等.黄河下游河床演变及过洪能力变化趋势分析[J].人民黄河,2002(10):10~11.
[2]申冠卿,李勇,岳德军,等.拦减粗泥沙对下游河道的减淤效果[J].人民黄河,2000(6):13~15.
[3]李春安,季利.黄河三门峡水利枢纽四十年运用回顾与展望[J].泥沙研究,2001(2):1~4.
[4]朱晓原,张学成.黄河水资源变化研究[M].郑州:黄河水利出版社,1999.28~34.
[5]人民黄河编辑部.黄河的研究与实践[M].北京:水利电力出版社,1986.117~126.
[6]赵文林.黄河泥沙[M].郑州:黄河水利出版社,1996.64~72.
(收稿日期:2003-10-30 编辑:高渭文)