

黄河下游泥沙淤积对洪水演进的影响

马喜荣,夏自强,陈竹青,李慧星

(河海大学水资源环境学院,江苏 南京 210098)

摘要 通过对黄河下游泥沙淤积规律的认识,以黄河下游洪水不同时期水位的变化、洪水传播时间的变化以及漫滩流量和削峰作用的变化来论述下游河道淤积对洪水演进的影响.

关键词 黄河下游 河道淤积 洪水传播时间 削峰系数

中图分类号 :TV152.1 文献标识码 :A 文章编号 :1006-7647(2004)07-0004-03

黄河是世界上最大的一条多泥沙河流,其下游河道特殊,河床演变极为复杂,泥沙淤积严重,河床抬升迅速,河势游荡多变,河道排洪能力逐年降低.黄河多年平均输沙量为 16 亿 t,其中有 4 亿 t 泥沙淤积在下游河道内,致使下游河道的河床不断升高,与 20 世纪中叶相比,一般高出 3~5 m,最多可达 10 m.河床的升高对洪水的影响很大,所以研究下游河道淤积对洪水的影响是非常必要的.

1 黄河下游泥沙淤积情况

1.1 下游河道的冲淤趋势

黄河下游河道是强烈堆积性河道,其冲淤状况主要取决于来水来沙条件.在长时间内,总的趋势是淤积,但并非是单向淤积,而是随水沙条件和人为因素的影响有冲有淤(见图 1、图 2).自 1950 年 7 月至 1985 年 6 月黄河下游河道共淤积泥沙 68.486 亿 t.河道淤积主要发生在 1950~1960 年及 1965~1973 年(见图 1).三门峡水库建设前,1950~1960 年期间平均每年淤积 3.41 亿 t;三门峡水库蓄水运行期间(1960~1964 年)河道发生冲刷,年平均冲刷量为 3.3t;

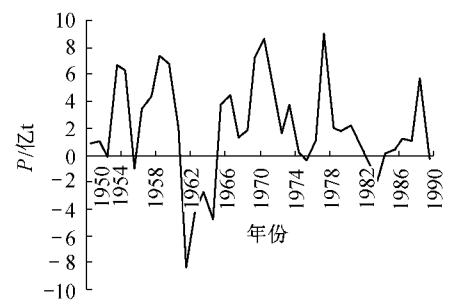


图 1 黄河下游年泥沙冲淤量过程

三门峡水库改建后,1965 年后又重新淤积;1969~1978 年期间下游河道平均每年淤积 3.86 亿 t;1986~1993 年期间下游河道平均每年淤积 2 亿 t,年际变化大,且淤积大多在河道主槽内,造成河床不断淤积抬高.

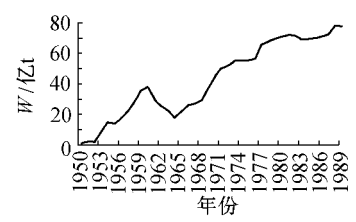


图 2 黄河下游泥沙年淤积量过程

1.2 黄河下游河道的冲淤规律

1.2.1 水沙的搭配与冲淤变化

来水来沙多少及其水沙搭配不同,相应的冲淤也就不同.水多沙少则微淤或冲,水少沙多则严重淤积.输沙能力具有“多来、多淤、多排”、“少来、少淤(或冲)、少排”、“大水带大沙”的输沙特点.研究表明^[1],3 000~4 000 m³/s 是有利于整个下游河道冲刷的流量级.

1.2.2 水沙异源

黄河径流的 58% 来自兰州以上,而洪水发生频繁的则是兰州以下地区.黄河泥沙的 91.3% 来自中游地区,主要来源区分为多沙来源区、多沙细沙来源区及少沙来源区 3 类.这种水沙异源的特点,使中游发生高浓度的含沙水流造成下游严重淤积,水位、河势往往出现突变,对下游洪水特性造成很大影响.

1.2.3 滩槽冲淤特点

滩、槽冲淤的特点是大洪水漫滩落淤,滞洪泥沙作用大.由于下游河道平面呈藕节状收缩段与开阔

端相间,而下游滩地面积占总面积的 80%。洪水传播时,受河道宽窄变化的影响,产生滩槽水、沙的交换。

2 黄河下游洪水的特点

2.1 洪水峰高量小,历时短^[2]

花园口一次洪水过程为 10~12 d,据历史调查,三门峡以上的最大洪水(1843 年)洪峰流量为 33 000 m³/s,12 d 洪量 136 亿 m³;三门峡至花园口之间的最大洪水(1761 年)洪峰流量 32 000 m³/s,12 d 洪量 120 亿 m³。

2.2 洪水含沙量大,河道淤积严重

三门峡站多年平均含沙量 35 kg/m³,最高含沙量达 911 kg/m³(1977 年),多年平均输沙量达 16 亿 t,最大年输沙量达 39.1 亿 t(1933 年)。平均每年约有 4.4 亿 t 泥沙淤积到河道及引水渠内,使河床不断抬高,成为地上河,对两岸平原造成严重威胁。1960~1989 年全下游河道总淤积(断面法)量为 19.3 亿 m³。

表 1 列出了不同时段黄河下游各主要水文站年平均输沙量。

表 1 不同时段年平均输沙量

水文站	年平均输沙量/亿 t				
	1952~ 1960 年	1961~ 1964 年	1965~ 1973 年	1974~ 1951 年	1952~ 1990 年
三门峡	16.8	6.54	15.8	10.10	12.60
花园口	17.1	9.16	15.0	8.25	12.80
夹河滩	16.2	11.10	13.5	7.54	12.20
高 村	14.9	12.30	12.3	7.53	11.50
孙 口	13.9	13.10	11.5	7.28	10.90
艾 山	13.1	13.30	11.3	7.65	10.60
冻 口	13.0	13.60	11.0	6.93	10.30
利 津	12.6	14.00	10.4	7.19	9.88

2.3 河道削峰作用显著

黄河下游河段上宽下窄,以陶成埠为界可分为上、下两段,上段(花园口—陶成埠)堤距 5~10 km,最宽处可达 20 km,下段(陶成埠—利津)堤距 0.4~5 km。河道形态上宽下窄,可起显著的削峰、沉沙作用。如 1977 年 8 月 8 日花园口洪峰流量 10 800 m³/s,到达夹河滩时削减至 8 000 m³/s,削峰率达 26%,可见削峰作用很显著。

3 泥沙淤积对洪水的影响

3.1 相同流量下洪水水位的变化

黄河下游河道断面基本上是复式断面,断面及河道的冲淤变化及与之相应的河底高程、断面形态及滩唇高程变化对洪水造成很大影响。近年来黄河下游河道淤积严重,其原因有天然的也有人为的。持续的枯水系列及长期的小流量过程,使得下游河道

的输沙能力减小;人类活动影响的加剧,滩地形态阻力的增加,使得同水深流速减小。河道淤积严重导致河床抬高,使得河道断面萎缩,其结果是同流量水位升高,过流能力降低,漫滩流量大幅度减小,造成相同流量下洪水水位升高甚至小流量的水位高出大流量的水位。例如 1973 年 8 月下旬,花园口洪峰流量 5 020 m³/s 对应的水位高出“58.7”洪水 22 300 m³/s 流量的最高水位 0.24 m。再如“96.8”洪水期间,花园口站洪峰流量为 7 600 m³/s,仅为 1958 年 22 300 m³/s 洪水的 1/3,而洪峰水位却比 1958 年高出 0.91 m。

表 2 列出了黄河下游一定流量(3 000 m³/s 及 5 000 m³/s)时水位升高的情况。表 2 表明,不论是 3 000 m³/s 还是 5 000 m³/s 的流量,其相应水位都是升高的。洪水水位的升高,致使黄河洪水出现小流量、高水位、大险情的特点。

表 2 黄河下游一定流量下水位升高值比较

水文站	水位升高/m	
	Q = 3 000 m ³ /s	Q = 5 000 m ³ /s
花园口	1.33	1.1
夹河滩	1.88	0.5
高 村	2.66	0.2
孙 口	2.52	0.5
艾 山	2.38	0.3
冻 口	2.43	0.2
利 津	1.48	0.2

注 表中 3 000 m³/s 是以 1981 年的水位与 1950 年的水位作比较,5 000 m³/s 是以 1995 年水位和 1982 年水位作比较。

3.2 对洪水传播时间的影响

一般情况下洪水的波速大于流速。当洪水漫滩时断面增大,流速减小,则波速小于流速,若漫滩及河宽不再增加,流量增大则波速也随之增大。近年来,黄河水量持续偏枯,黄河泥沙大部分淤积在河道主槽内,致使河道主槽萎缩变形,河道的行洪、输沙能力降低。洪水漫滩后滩区阻水严重,壅高了水位,大量水体滞蓄在滩区,并以缓慢的速度向下游输移,断面流速明显降低,延缓了洪水的传播速度,延长了洪峰的传播时间。例如“96.8”洪水期间,花园口站洪峰流量为 7 600 m³/s,仅为 1958 年 22 300 m³/s 洪水的 1/3,而洪峰水位却比 1958 年高出 0.91 m,从而导致这次洪水从花园口站至艾山站的传播时间长达 11.6 d,是正常年份的 2.8 倍左右。

又如在 2002 年 7 月的黄河调水调沙中,以各站最大流量统计,花园口至利津洪水传播时间达 313 h,是 20 世纪 90 年代同量级正常洪水平均传播时间的 3.5 倍,是历史最长传播时间的 1.6 倍。花园口至孙口洪水传播时间 271.7 h(约 11 d),是 20 世纪 90 年代同量级洪水平均传播时间的 4.9 倍,是洪水最长传播时间 78.3 h(“95.9”洪水)的 3.5 倍,比“96.8”洪水传播时

间 224.5 h 还长 47.2 h,其中,夹河滩至高村、高村至孙口河段洪峰传播时间分别为 114.2 h 和 146.5 h,分别是同量级洪水最长传播时间的 3.8 倍和 4.8 倍,比“96.8”洪水传播时间分别长 36.7 h 和 25.5 h.孙口以下洪水传播接近正常(见表 3).

表 3 2002 年 7 月黄河调水调沙洪水和历史洪水传播时间比较 ^[3] h				
河 段	调水调沙洪水最大流量传播时间	20 世纪 90 年代同流量平均传播时间	20 世纪 90 年代同流量洪水最长传播时间	“96.8”洪水传播时间
花园口—夹河滩	11.0	23.5	68.3	26.0
夹河滩—高 村	114.2	17.1	30.0	77.5
高 村—孙 口	146.5	14.4	30.5	121.0
孙 口—艾 山	12.7	9.3	20.5	52.5
艾 山—冻 口	15.0	9.9	15.2	25.3
冻 口—利 津	13.6	15.6	26.0	64.9
花园口—孙 口	271.7	55.0	78.3	248.5
孙 口—利 津	41.3	34.9	48.0	142.7

3.3 削峰系数的影响

黄河下游为复式河槽,一般中小洪水在主槽内演进,变化比较稳定,大洪水普遍漫滩,滩区滞洪洪水过程坦化,变形很大,洪峰削减率增加,洪峰传播时间加大.河道冲淤变化对主槽排洪能力的影响主要为主槽排洪能力的变化.实践证明,一次洪水特别是大洪水中,河床冲淤变化对洪水演进的影响并不显著,但是当河床经过较长期的冲淤变化,主槽的排洪能力会有显著的变化.根据 1954 ~ 1994 年的 74 场洪水资料统计^[4],黄河下游花园口至利津洪峰流量削减率最大为 61.8%,平均为 24.5%(见表 4).

河 段	洪水消峰率/%					
	50 年代	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	多年平均
花园口—夹河滩	6.2	3.0	7.1	4.3	13.4	6.5
夹河滩—高 村	5.8	3.7	16.1	6.3	12.4	9.4
高 村—孙 口	8.2	2.6	8.0	7.6	5.1	6.1
孙 口—艾 山	8.6	2.0	4.6	3.5	1.5	1.7
艾 山—冻 口	5.7	3.1	5.6	5.2	3.8	4.8
冻 口—利 津	5.0	2.9	6.1	6.6	2.8	4.5
花园口—孙 口	17.5	6.0	23.6	17.1	30.4	18.5
花园口—利 津	29.4	8.8	33.0	27.2	31.1	14.5

20 世纪 60 年代初,三门峡水库高水位运行,下泄流量含沙量小,下游河道发生冲刷,主槽排洪能力加大,这一时期洪峰削减率明显减少.20 世纪 90 年代以来,黄河下游洪峰不大,河槽淤积严重,河床高程升高,主槽排洪能力减小,削峰系数增大,致使中小洪水漫滩的可能性增大.研究表明,20 世纪 50 年代黄河下游漫滩流量 5 000 ~ 8 000 m³/s,20 世纪 90 年代减少到 3 000 ~ 5 000 m³/s,现状黄河漫滩流量为 2 900 m³/s.

4 结 语

黄河下游断面基本上是复式断面,断面及河道的冲淤变化及相应的河底高程、断面形态及滩唇高程等是洪水漫滩的基本影响因素.近年来的情况表明,黄河下游洪峰不大,河槽淤积严重,河床高程升高,主槽排洪能力减小,中常洪水漫滩的几率大大增加,致使洪水演进的异常情况时有发生.同流量下的黄河下游洪水水位抬高,甚至出现小流量下的洪水水位高于历史上大流量下洪水水位,洪峰削减明显加大,洪水过程变形,洪水传播时间大大加长.

参考文献：

[1] 黄河水利委员会水文局.黄河志(卷三):黄河水文志[M].郑州:河南人民出版社,1996.
[2] 骆承政,乐嘉祥,王光生.中国大洪水[M].北京:中国书店,1996.
[3] 许珂艳,刘晓伟,李世明.黄河首次调水调沙期间下游洪水特性分析[J].西北水资源与工程,2003,14(4):11.
[4] 胡一三,宋玉杰,赵天义.黄河防洪[M].郑州:黄河水利出版社,1996.
[5] 史铺成,易元俊,高治定,等.黄河流域暴雨与洪水[M].郑州:黄河水利出版社,1997.
[6] 王玲,孙东坡,缙元有,等.黄河水沙变化对河流系统的影响[M].郑州:黄河水利出版社,1998.
[7] 陈先德,王国安,曹寿林.黄河水文[M].郑州:黄河水利出版社,1997.
[8] 叶青超.黄河流域环境演变和水沙运行规律研究[M].济南:山东科学技术出版社,1992.

(收稿日期 2002-01-28 编辑 高建群)

· 简讯 ·

2004 年全国水文学学术讨论会在南京召开

由中国水利学会水文专业委员会主办、河海大学承办的 2004 年全国水文学学术讨论会于 2004 年 12 月 6—8 日在河海大学召开.来自全国水利建设、科研、教育单位及政府部门的 240 余位专家、学者出席了会议.会议围绕水文基础理论(水文循环、产流汇流、洪水不确定性分析、水动力学等)、水文预报技术(水文作业预报、分布式水文模型、洪水预报系统、城市雨洪模型等)、水文信息技术(水文信息采集与处理、数据库管理、信息共享、3S 技术的应用等)、水资源可持续利用和水环境保护等专题开展学术讨论与交流.会议选录了 150 多篇交流论文,由河海大学出版社续集出版.

(编辑部供稿)